

DER PRAKTISCHE FUNKAMATEUR

15

K. Rothammel

UKW-Amateurfunk

Der praktische Funkamateur · Band 15 · UKW-Amateurfunk

KARL ROTHAMMEL

UKW-Amateurfunk

– DAS 2-m-BAND –



VERLAG SPORT UND TECHNIK · 1960

Redaktionsschluß: 8. Juli 1960
Verantwortlicher Lektor: Wolfgang Kimmel
Herausgegeben
vom Verlag Sport und Technik, Neuenhagen bei Berlin

Gedruckt in der Deutschen Demokratischen Republik
Zeichnungen: Hildegard Seidler
Lizenz-Nr.: 545/7/60 5/1 2260

VORWORT

Die ultrakurzen Wellen erfreuen sich auch bei den Kurzwellenamateuren der Gesellschaft für Sport und Technik, wie das Europatreffen der Funkamateure in Leipzig bewies, einer ständig wachsenden Beliebtheit. Jedoch ist dieser Schritt zu einer neuen Technik im Amateurfunk nicht ohne Schwierigkeiten zu meistern, denn er erfordert intensives Hineindenken in eine Materie und die Anwendung neuer Praktiken, die vor nicht allzulanger Zeit auch für die Wissenschaft noch Neuland waren. Das „Internationale Geophysikalische Jahr" hat gezeigt, daß auch die Ultrakurzwellenamateure mit ihrem weitverzweigten Beobachternetz der Forschung wertvolle Unterstützung geben konnten.
Die vorliegende Broschüre wendet sich in erster Linie an unsere jungen Kameraden in der Gesellschaft für Sport und Technik und will diese mit den Eigenheiten des Amateurfunks im 2-m-Band vertraut machen. Damit erfüllen wir die Forderung nach der Anwendung der neuesten Technik auch in unserer Organisation. Alles, was der zukünftige UKW-Amateur über die Ausbreitung, die Eigenschaften von Bauelementen und die Praxis des Amateurverkehrs im 2-m-Band wissen muß, ist in leichtverständlicher Form dargestellt. Darüber hinaus werden die betrieblichen Hilfsmittel wie QRA-Kenner und spezielle Abkürzungen behandelt sowie Angaben über UKW-Wettbewerbe und Diplome gebracht. Nicht enthalten sind Bauanleitungen und Ausführungen über UKW-Geräte und Antennen. Diese Anleitungen werden in späteren Heften der Reihe „Der praktische Funkamateur" zu finden sein.

Sonneberg, im Juli 1960

Verfasser und Verlag

1. DIE ULTRAKURZWELLEN

Die Ultrakurzwellen nehmen im Spektrum der elektromagnetischen Schwingungen den Bereich von 10 m bis 1 m ein, entsprechend einem Frequenzbereich von 30 MHz bis 300 MHz. Ultrakurzwellen (UKW) werden im deutschen Sprachgebrauch auch als Meter-Wellen gekennzeichnet. International nennt man die Ultrakurzwellen „Very High Frequencies" (VHF).

Die Tafel auf Seite 8 veranschaulicht die Lage des UKW-Bereiches innerhalb des Wellenspektrums. Daraus ist zu ersehen, daß auch die Wärme-, Licht- und Röntgenstrahlen elektromagnetische Schwingungen darstellen, die sich nur durch ihre Frequenz von den Ultrakurzwellen unterscheiden. Während die unter der deutschen Sammelbezeichnung Kurzwellen bekannten Dekameter-Wellen der Erdkrümmung noch folgen können, nähert sich die Ausbreitung der Ultrakurzwellen bereits weitgehend der des Lichtes. Man nennt sie deshalb auch „quasioptische Wellen" (dem Lichte ähnlich). In ihrer Gesamtheit können jedoch nur die Bereiche der Dezimeter-, der Zentimeter- und der Millimeterwellen als quasioptisch bezeichnet werden, während die Ultrakurzwellen in ihrem langwelligen Teil gewissermaßen das Übergangsgebiet zu den Wellen, die dem Lichte ähnlich sind, darstellen. Uns UKW-Amateure interessiert in erster Linie das 2-m-Band, das den Bereich von 144 MHz bis 146 MHz überdeckt.

1.1 Die Ausbreitung der Ultrakurzwellen

Die Kurzwellenausbreitung stützt sich fast ausschließlich auf die reflektierenden Eigenschaften der Ionosphäre, mit deren Hilfe die für diesen Wellenbereich charakteristischen großen Reichweiten erzielt werden. Bei den Ultrakurzwellen des 2-m-Bandes ist eine ionosphärische Reflexion – abgesehen von äußerst seltenen Ausnahmefällen – bereits nicht mehr festzustellen. Sie durchstoßen alle Schichten der Erdatmosphäre und verlieren sich schließlich im Weltenraum. Deshalb sind auch die Entfernungen, die auf unserer Erde mit

Frequenz					Wellenlänge			
GHz	MHz	kHz	Hz		m	mm	µ	mµ
10^7	10^{10}	10^{13}	10^{16}	1.) Kosmische Strahlung (um etwa $3 \cdot 10^{23}$ Hz) 2.) Gammastrahlen (ab etwa $3 \cdot 10^{19}$ Hz) 3.) Röntgenstrahlen (ab etwa $3 \cdot 10^{15}$ bis $3 \cdot 10^{19}$ Hz)	$3 \cdot 10^{-8}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-2}$	30
10^6	10^9	10^{12}	10^{15}	750000 GHz bis 3000000 GHz = Ultraviolette Strahlung	$3 \cdot 10^{-7}$	$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-1}$	300
				375000 GHz bis 750000 GHz = Sichtbares Licht				
100000	10^8	10^{11}	10^{14}		$3 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-3}$	3µ	3000
10000	10^7	10^{10}	10^{13}	600 GHz bis 300000 GHz = Infrarotstrahlung (Wärmewellen) entspr. F = $6 \cdot 10^{11}$ bis $3 \cdot 10^{14}$ Hz (λ = 0,5 bis 0,001 mm)	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-2}$	30	30000
1000	10^6	10^9	10^{12}		$3 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-1}$	300	300000
100	100000	10^8	10^{11}	30000 MHz bis 300000 MHz = Millimeter-Wellen = EHF (engl.: extremely high frequencies)	$3 \cdot 10^{-3}$	3 mm	3000	$3 \cdot 10^6$
10	10000	10^7	10^{10}	3000 MHz bis 30000 MHz = Zentimeter-Wellen = SHF (engl.: super high frequencies) (Moderne Richtverbindungstechnik; Radar)	$3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^1$	30000	$3 \cdot 10^7$
1	1000	10^6	10^9	300 MHz bis 3000 MHz = Dezimeter-Wellen = UHF (engl.: ultra high frequencies) (FS-Band IV: 470 MHz ... 585 MHz u. 610 MHz ... 960 MHz; Dezi-Richtf.)	$3 \cdot 10^{-1}$	$3 \cdot 10^2$	300000	$3 \cdot 10^8$
	100	100000	10^8	30 MHz bis 300 MHz = Meter-Wellen = VHF (engl.: very high frequencies) (FS-Band I u. III 41 ... 68 u. 174 ... 230 MHz) (UKW-Rundfunk = 87,5 MHz ... 100 MHz)	3 m	$3 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^6$	
	10	10000	10^7	3000 kHz bis 30000 kHz = Dekameter-Wellen = HF (engl.: high frequencies) (Kurzwellenbereich - KW - des Rundfunks 5950 kHz ... 26100 kHz)	30	$3 \cdot 10^4$		
	1	1000	10^6	300 kHz bis 3000 kHz = Hektometer-Wellen = MF (engl.: medium frequencies) (Mittelwellenbereich - MW - des Rundfunks 535 kHz ... 1605 kHz)	300	$3 \cdot 10^5$		
		100	10^5	30 kHz bis 300 kHz = Kilometer-Wellen = LF (engl.: low frequencies) (Langwellenbereich - LW - des Rundfunks 150 kHz ... 285 kHz)	3000	$3 \cdot 10^6$		
		10	10^4		30000	$3 \cdot 10^7$		

den 2-m-Wellen überbrückt werden können, verhältnismäßig gering. Aber gerade das jetzt noch mitunter als nachteilig empfundene Durchstoßen der Ionosphäre durch die Ultrakurzwellen eröffnet diesen eine besondere Perspektive, denn die zukünftigen Erdsatelliten und Weltraumstationen werden einen großen Teil ihrer Nachrichtenverbindungen über UKW abwickeln. Auch die bisherigen Erdsatelliten waren mit Ultra-

kurzwellensendern ausgerüstet, die eine einwandfreie Funkverbindung zu den Empfangsstationen auf der Erde gewährleisteten. Mit Hilfe der Ultrakurzwellen gelang der Sowjetunion im Jahre 1959 die wissenschaftliche Großtat, ein Fernsehbild von der Mondrückseite zur Erde zu übertragen. Sicherlich kommt bald die Zeit, in der UKW-Amateurfunkverbindungen mit der Besatzung von Erdsatelliten genauso alltäglich sein werden, wie heute beispielsweise die Kurzwellenverbindungen unserer Amateure mit Stationen der Antarktisexpeditionen.

1.11 Die quasioptische Ausbreitung

Besonders gut eignen sich Ultrakurzwellen zur sicheren Überbrückung von Entfernungen innerhalb der theoretisch möglichen optischen Sichtweite. In diesem Bereich treten praktisch keine Feldstärkeschwankungen auf, und selbst mit kleinsten Senderleistungen ist eine zuverlässige Funkverbindung, unabhängig von ionosphärischen oder meteorologischen Einflüssen, gewährleistet.

Wenn wir einen Erdradius r von 6370 km zugrunde legen, ergibt sich die optische Sichtweite d:

$$d\,[\mathrm{km}] = \sqrt{2\,r \cdot h}\,[\mathrm{km}] = \sqrt{12470 \cdot h}\,[\mathrm{km}] = 113 \cdot \sqrt{h}\,[\mathrm{km}]$$

Dabei bedeutet h die Höhe des Standpunktes in km über NN[1]).

In der Praxis wird jedoch einfacher mit der Höhe in m über NN gerechnet. Die Formel lautet dann:

$$d\,[\mathrm{km}] = 3{,}55 \cdot \left(\sqrt{h}\,[\mathrm{m}]\right).$$

Meist befinden sich beide Stationen in einer gewissen Höhe über dem Meeresspiegel. Dann wird die optische Sichtweite mit:

$$d\,[\mathrm{km}] = 3{,}55 \cdot \left(\sqrt{h_1}\,[\mathrm{m}] + \sqrt{h_2}\,[\mathrm{m}]\right)$$

errechnet.

[1]) Normal-Nullpunkt. Die Höhenangaben wurden ursprünglich auf Meereshöhe bezogen. Da der Meeresspiegel aber schwankt, wählte man später feste Punkte im Innern des Landes. Der deutsche Normal-Nullpunkt ist 38 km östlich von Berlin bei Hoppegarten unterirdisch festgelegt. Er liegt 16 mm über dem Amsterdamer Pegel.

Die tatsächlich jederzeit sicheren Reichweiten der 2-m-Welle gehen jedoch um mindestens 15 Prozent über den optischen Horizont hinaus. Man versuchte anfangs, dieses Phänomen damit zu erklären, daß die gewölbte Erdoberfläche eine beugende Kante bilde. Diese Beugung ist durchaus auch mit den Gesetzen der Optik in Einklang zu bringen. Neuere Forschungen erklären die Krümmung der Ultrakurzwellen zur Erdoberfläche hin jedoch als eine Folge des mit der Höhe abnehmenden Brechungskoeffizienten der Luft. Dieser wird durch Wasserdampfgehalt, Druck und Temperatur der Atmosphäre bestimmt. Die Vergrößerung der sicheren UKW-Reichweite über den optischen Horizont hinaus wird durch die Näherungsformel

$$d\,[\text{km}] = 4{,}13 \cdot \sqrt{h\,[\text{m}]}\,.$$

und

$$d\,[\text{km}] = 4{,}13 \cdot \left(\sqrt{h_1\,[\text{m}]} + \sqrt{h_2\,[\text{m}]}\right)$$

berücksichtigt. Dieser Formel liegt der sogenannte „Vierdrittel-Radius" der Erde zugrunde, das heißt, daß nicht mit dem tatsächlichen mittleren Erdradius von 6370 km gerechnet wird, sondern mit einem um ein Drittel vergrößerten „effektiven Erdradius" von rund 8500 km. In der Formel bedeutet h_1 die Antennenhöhe der eigenen Station, h_2 die der Gegenstation in m über NN.

Das folgende praktische Beispiel zeigt, wie die Formel anzuwenden ist und welch großen Einfluß die Höhe einer Station über NN auf die sichere 2-m-Reichweite hat:

Ein Amateur in Halle (Saale) – durchschnittliche Ortshöhe 80 m über NN – hat seine UKW-Antenne auf einem Gebäude in 20 m Höhe über dem Erdboden angebracht. Die Antennenhöhe h_1 über NN beträgt damit $80+20 = 100$ m. Es ist geplant, mit einer Gegenstation im rund 75 km entfernten Magdeburg eine feste 2-m-Linie zu betreiben. Die Antennenhöhe h_2 des Partners beträgt 81 m, bezogen auf NN.

Lösung:

$$\begin{aligned} d\,[\text{km}] &= 4{,}13 \cdot \left(\sqrt{100} + \sqrt{81}\right) \\ &= 4{,}13 \cdot (10+9) \\ &= 4{,}13 \cdot 19 \\ &= \text{rund } 78{,}5 \text{ km} \end{aligned}$$

Die 2-m-Linie zwischen Halle und Magdeburg stellt demnach eine jederzeit sichere Verbindung dar. Voraussetzung ist jedoch, daß zwischen beiden Stationen keine höheren Hindernisse vorhanden sind, die abschirmend wirken können.
Unsere beiden Freunde wollen auch im Urlaub ihre 2-m-Linie nicht missen und nehmen ihre Stationen mit. Der eine fährt zum Fichtelberg (1214 m über NN), der andere zum Brocken (1142 m über NN). Die Entfernung Fichtelberg – Brocken beträgt rund 210 km. Die Berechnung zeigt, daß durch die Höhenlage der Stationen die sichere UKW-Reichweite stark angestiegen ist:

$$d\langle km\rangle = 4{,}13 \cdot (1214 + 1142) = \underline{\underline{\text{rund } 278 \text{ km.}}}$$

Natürlich erleiden die Funkwellen auf ihrem Übertragungsweg eine bestimmte Dämpfung, die auch als Streckendämpfung bezeichnet wird. Die Feldstärke nimmt dabei linear mit der Entfernung ab. Diese Feldstärkeverluste können bei quasioptischer Ausbreitung stets durch Leistungserhöhung, Verbesserung der Empfängerempfindlichkeit oder Verwendung besonders richtscharfer Antennen ausgeglichen werden.

1.12 Überreichweiten durch troposphärische Einflüsse

Die UKW-Amateure streben immer nach großen Überreichweiten. Schon frühzeitig wurde festgestellt, daß mit der 2-m-Welle 1000 km und mehr zu überbrücken sind, also Entfernungen, die mit der Theorie von der quasioptischen Ausbreitung scheinbar nicht mehr in Einklang stehen. An der Klärung des Zustandekommens dieser Überreichweiten hatten die UKW-Amateure durch ihre Pionierarbeit bedeutenden Anteil.
Sie stellten fest, daß besonders große Reichweiten fast immer im Zusammenhang mit Hochdruckgebieten auftreten. Das Wettergeschehen, das der Kurzwellenamateur überhaupt nicht berücksichtigen muß, wurde als ein entscheidender Faktor für die Ausbreitung der Ultrakurzwellen über den optischen Horizont hinaus erkannt. Es lag nahe, eine

brechende Schicht innerhalb der Troposphäre anzunehmen, die sich durch Einflüsse meteorologischer Natur ausbildet. Tatsächlich treten atmosphärische Schichtungen, die eine Brechung der Ultrakurzwellen verursachen, sehr häufig auf. Um diese Vorgänge richtig zu verstehen, wollen wir uns mit dem Aufbau der Troposphäre etwas näher beschäftigen.

1.121 Die Tropopshäre

Der Teil unserer Erdatmosphäre, der sich vom Erdboden bis zu einer Höhe von rund 11 km erstreckt, wird als Troposphäre bezeichnet. Man nennt sie auch Wettersphäre, denn in ihr spielen sich in erster Linie die unser Wetter bestimmenden meteorologischen Vorgänge ab. Bild 1 gibt einen Überblick über Schichtung und Temperaturverlauf in der unteren Atmosphäre.

Die Temperatur der Troposphäre fällt normalerweise mit zunehmender Höhe, und zwar um 6 bis 8° C je 1000 m Anstieg. Sie erreicht an ihrer Obergrenze, in der sogenannten Tropopause, ein Minimum von durchschnittlich –50° C. Die Höhe der Tropopause als Übergangsschicht zwischen Troposphäre und Stratosphäre ist Schwankungen unterworfen. Sie liegt in unseren Breiten im März mit durchschnittlich 9,7 km am tiefsten, im Juli mit 11,1 km am höchsten. An den Polen beträgt die Mächtigkeit der Troposphäre etwa 10 km, am Äquator etwa 17 km.

Als nächstes „Stockwerk" unserer Lufthülle folgt in einer Höhe von 11 bis 80 km die Stratosphäre. Sie ist ein Bereich ohne gewöhnliche Wettererscheinungen. In ihr bleibt die Lufttemperatur bis in eine Höhe von etwa 20 km nahezu konstant (konstante Temperaturzone). Oberhalb 20 km Höhe steigt die Temperatur stetig an und erreicht in 50 km Höhe annähernd + 50° C. Dieser Bereich des Temperaturanstieges wird auch Ozongebiet genannt, da die Atmosphäre dort einen relativ hohen Ozongehalt aufweist. Diese Ozonschicht ist für die Entwicklung und den Bestand des Lebens auf der Erde von Bedeutung, denn sie absorbiert einen großen Teil der von der Sonne ausgehenden Ultraviolettstrahlung, die bakterien- und zellenschädigend wirkt. Oberhalb 50 km wird die Tendenz des Temperaturverlaufes mit steigender Höhe wieder fallend, um schließlich bei 80 km Höhe – am Über-

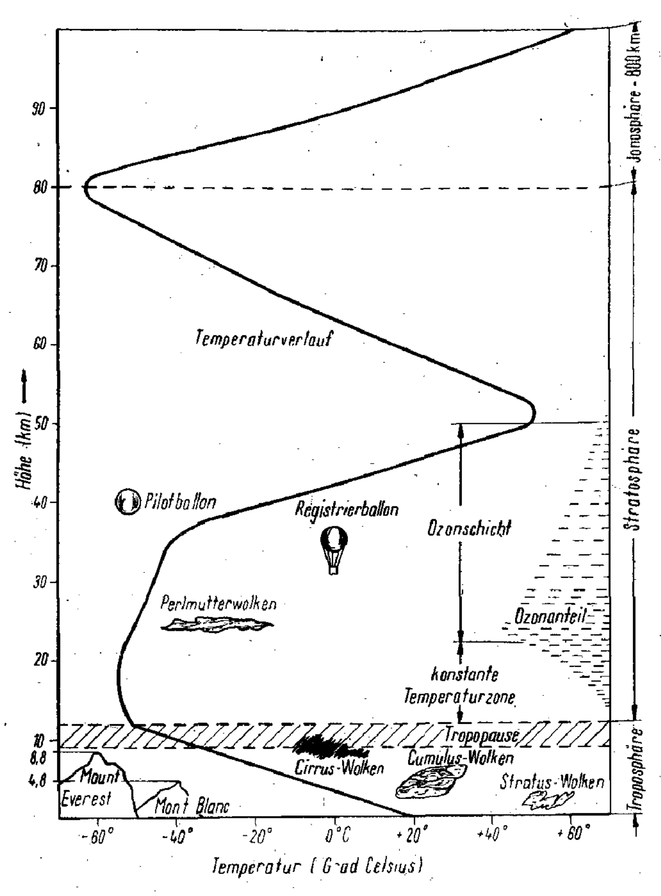


Bild 1. Schichtung und Temperaturverläufe in der unteren Atmosphäre

gang zur Ionosphäre – einen weiteren Umkehrpunkt des Temperaturverlaufes zu finden. Ein Einfluß der Stratosphäre auf die UKW-Ausbreitung konnte bisher nicht nachgewiesen werden.

1.122 Die Brechung der Ultrakurzwellen in der Troposphäre

Der in Bild 1 dargestellte Normalzustand der Troposphäre ist durch die mit steigender Höhe stetig abfallende Temperatur gekennzeichnet. In Abschnitt 1.11 „Die quasioptische Ausbreitung" wurde bereits erklärt, daß die um mindestens 15 Prozent über den optischen Horizont hinausgehenden regelmäßigen Überreichweiten der 2-m-Welle durch Brechungserscheinungen infolge des mit der Höhe stetig abnehmenden Brechungskoeffizienten der Luft zu erklären sind. Diesen Normalfall sehen wir in Bild 2 a, wobei der regelmäßige Abfall von Temperatur und relativer Luftfeuchtigkeit lediglich einen angenommenen, idealisierten Zustand darstellt. Infolge von Luftbewegungen und sonstigen meteorologischen Einflüssen kann jedoch die Änderung der Lufttemperatur sowie der relativen Feuchte sehr sprunghaft und dadurch vom Normalverlauf abweichend erfolgen. Häufig schieben sich warme Luftmassen über oder zwischen kältere Luftschichten und rufen dabei eine Temperaturumkehr hervor, wie sie in Bild 2 b dargestellt ist. Eine solche Temperaturumkehr – auch Inversion genannt – bedeutet einen Wechsel in der Luftdichte. Dabei bildet die Warmluft ein dünneres Medium als die Kaltluft.

Eines der Grundgesetze der Optik, das Brechungsgesetz, besagt, daß ein Lichtstrahl beim Übertritt von einem optisch dichten Medium in ein optisch dünneres Medium vom Lote weg gebrochen wird, dagegen beim Eintritt in ein optisch dichteres Medium eine Brechung zum Lote hin erfährt. Bild 3 veranschaulicht diesen optischen Vorgang: Ein Lichtstrahl, der sich in einem dichten Medium A unter dem Winkel α fortpflanzt, wird beim Übertritt in das dünnere Medium B vom Lote weg gebrochen und erhält eine Richtungsänderung mit dem Winkel β ($\beta > \alpha$).

Auch Ultrakurzwellen verhalten sich bei Dichteänderungen des Ausbreitungsmediums wie Lichtstrahlen. Sie beweisen

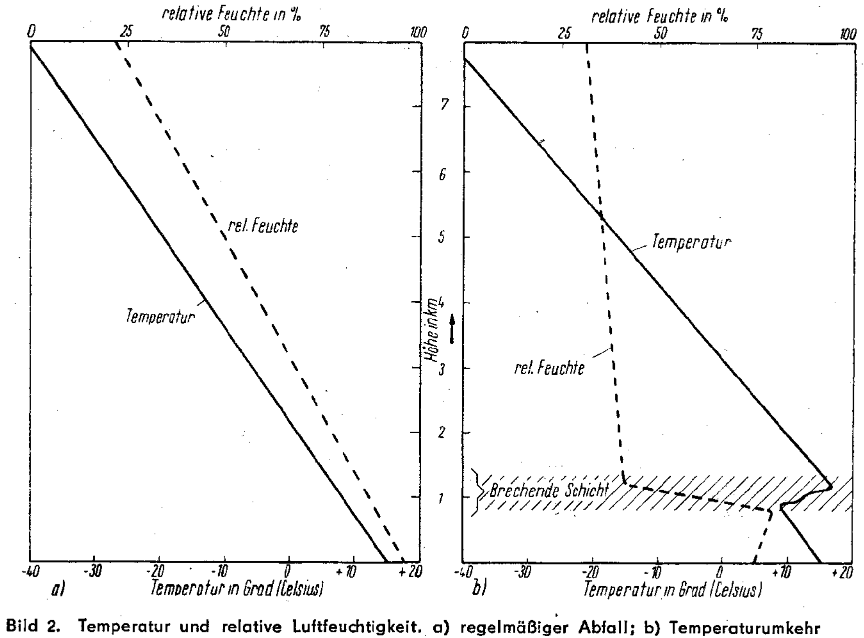


Bild 2. Temperatur und relative Luftfeuchtigkeit. a) regelmäßiger Abfall; b) Temperaturumkehr

damit ihre quasioptischen Eigenschaften auch bei den auftretenden großen Überreichweiten.
Wann stellt nun unsere atmosphärische Luft ein dichteres und wann ein dünneres Medium dar? Warme Luft dehnt sich aus, sie wird dadurch leichter und hat deshalb das Bestreben, senkrecht nach oben zu strömen. Diese aufsteigende Warmluft (Thermik) schätzt der Segelflieger sehr und läßt sich gern von ihr aufwärtstragen. Warmluft ist leichter und weniger dicht als die schwerere Kaltluft. Aber nicht die Lufttemperatur allein ist entscheidend für die Dichte und damit den Brechungskoeffizienten der Luft, sondern vor allen Dingen auch deren Feuchtigkeitsgehalt. Wir können uns vorstellen, daß sehr feuchte Luft durch ihren hohen Wassergehalt schwerer und damit dichter ist als sehr trockene Luft.

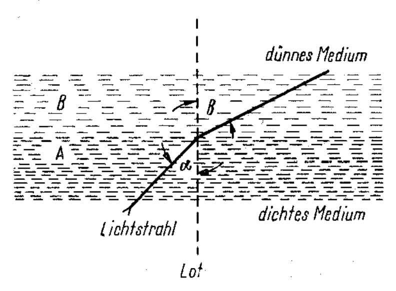


Bild 3. Brechung des Lichtstrahles beim Übergang von einem dichten zu einem dünnen Medium

Die Troposphäre enthält sehr viel Feuchtigkeit, denn sie ist der Mittler für den Kreislauf des Wassers unserer Erde. Das Wasser geht durch Verdunstung gasförmig in die Luft über und bleibt in diesem Zustand dem Auge unsichtbar. Dabei kann warme Luft mehr Wasserdampf aufnehmen als kalte. Ist die Grenze der Aufnahmefähigkeit erreicht, so ist die Luft gesättigt, die „relative Feuchte" beträgt dann 100 Prozent. Ein Kubikmeter Luft mit einer Temperatur von + 10° C ist bereits bei einem Gehalt von 9,4 g Wasser gesättigt, während die gleiche Luftmenge bei einer Temperatur von + 30° C bis zur Sättigung 30,4 g Wasser aufnehmen kann.

Kühlt sich diese warme, mit Feuchtigkeit gesättigte Luft ab, so kann sie den nunmehr überschüssig gewordenen Wasserdampf nicht mehr festhalten, er kondensiert und fällt schließlich als Regen zur Erde. Die Erwärmung der Luft ist immer mit einer Abnahme der relativen Feuchtigkeit verbunden, sofern während des Erwärmungsvorganges keine neue Feuchtigkeit hinzuströmt.
Nach dieser vereinfachten Darstellung von physikalischen Eigenschaften der atmosphärischen Luft wollen wir uns den wichtigsten meteorologischen Vorgängen zuwenden, die für die Beurteilung der UKW-Ausbreitung wichtig sind.

1.13 Etwas über Meteorologie

Durch die verschiedenen Tageslängen und die verschiedenen Einfallwinkel der Sonnenstrahlen erwärmen sich die Gebiete der Erde unterschiedlich stark. Zwischen dem kühlen Norden und dem warmen Süden erfolgt ein großräumiger Luftmassenaustausch; es entstehen Luftströmungen. Dabei haben die warmen Luftmassen der Subtropen das Bestreben, nach den gemäßigten Breiten zu ziehen. Umgekehrt strömt die Kaltluft aus arktischen Breiten bevorzugt nach Süden. Dieses Wechselspiel der großräumigen Austauschströme gibt dem Wetter in Europa sein besonderes Gepräge. Verfolgt man die vorherrschenden Luftströme bis an ihren Ursprungsort, so können sie grob in die folgenden vier Kategorien aufgeteilt werden:

arktische Kaltluft, Kaltluft gemäßigter Breiten,
subtropische Warmluft, Warmluft gemäßigter Breiten.

Diese Luftmassen nehmen auf dem Wege zu uns einen unterschiedlichen Feuchtigkeitsgehalt an. Wir unterscheiden feuchte Meeresluft (maritime Luft) und trockene Festlandsluft (kontinentale Luft). Aus dem Raum der Azoren kommt die subtropische Meereswarmluft, sie bringt uns feuchtes, übernormal warmes Wetter. Dagegen hat die subtropische Festlandsluft ihren Ursprung in der nordafrikanischen Wüste und in Südosteuropa, sie ist trocken und heiß. Arktische Kaltluft, die über den Nordatlantik mit Nordwestwinden zu uns einströmt, nimmt maritimen, feuchtkalten Charakter an,

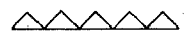
sie bringt uns Regen und Schnee. Die arktische Festlandsluft zieht, aus der nördlichen Sowjetunion und Finnland kommend, mit Nordostwinden zu uns und bringt die gefürchteten strengen Kälteperioden unserer Winter.
Oft bilden sich zwischen den verschiedenen Luftmassen scharf ausgeprägte und über Tausende von Kilometern reichende Grenzlinien aus. Diese nennt der Meteorologe „Fronten" und unterscheidet eine „arktische Front" mit Kaltluft aus dem Polargebiet sowie eine „Tropikfront" mit subtropischen Warmluftmassen. Diese Fronten bewirken eine Störung des Schönwetters, man nennt sie deshalb auch Störungs- oder Schlechtwetterfronten.
Die arktische Kaltluft und die subtropische Warmluft fließen beiderseits einer Frontalzone, wobei die leichte Warmluft die schwere Kaltluft überlappt. Dabei kommt es an den Luftmassengrenzen zu Verwirbelungen, das heißt, die Luftströmungen vollführen eine entgegengesetzt dem Uhrzeigersinn gerichtete Drehung. Diese Luftwirbel werden „Zyklone" genannt. Sie haben oft einen Durchmesser von mehreren tausend Kilometern und erscheinen auf der Wetterkarte als Tiefdruckgebiete. Tiefdruckgebiete bringen Niederschläge, Wind und hochreichende Bewölkung. Das Zentrum einer Zyklone führt gegenüber ihren Randgebieten den niedrigsten Luftdruck. Je größer das Druckgefälle ist, desto kräftiger sind die Windbewegungen.
Hochdruckgebiete oder Antizyklonen sind langlebige Gebilde hohen Luftdrucks. Wir können uns das „Hoch" als einen hochreichenden Luftberg aus relativ kühler Luft vorstellen. Dieser Luftberg baut sich langsam ab, indem die Winde im Uhrzeigersinn spiralartig aus dem Zentrum herausströmen. Hochdruckgebiete sind sozusagen der ruhende Pol im Wettergeschehen, sie wandern verhältnismäßig langsam über den Kontinent und bringen oft lang anhaltende Perioden schönen Wetters. Die Luft in einem Hochdruckgebiet ist trocken und im allgemeinen wolkenlos. Durch Sonneneinstrahlung können sich in Bodennähe vorübergehend Wolken, Schönwetterwolken, bilden. Die nächtliche Wärmeausstrahlung der Erdoberfläche verursacht oft Nebel oder Hochnebel. Diese Erscheinung ist in den Wintermonaten die Regel, wenn sich das Hochdruckgebiet über

feuchten Luftmassen aufbaut. Wir beobachten dann im Flachland und in den Tälern trübes, aber niederschlagfreies Wetter, während auf den Bergen bei ungewöhnlich guter Fernsicht herrlicher Sonnenschein herrscht. Ein beständiges Hochdruckgebiet lagert über dem Atlantik, das sogenannte Azorenhoch. Es übt großen Einfluß auf das Wetter Europas aus. Seine stärkste Entwicklung zeigt es im Sommer, wenn der Temperaturunterschied zwischen dem Wasser des Atlantiks und dem heißen Wüstensand Nordafrikas besonders groß ist. In Jahren betont kräftiger Entwicklung dehnt es sich nach Norden bis zu den britischen Inseln aus und hat Ausläufer nach West- und Mitteleuropa. Im Winter sind die sehr kalten und trockenen Kältehochs gefürchtet, die aus der Richtung Nowaja Semlja ausquellen und sich über die westliche Sowjetunion bis nach Mitteleuropa vorschieben.

1.131 Die Wetterkarte

Die Wetterkarte vermittelt ein großräumiges Bild des Wettergeschehens. Bei uns umfaßt sie den Atlantischen Ozean, das europäische Festland und die angrenzenden Meere. Sie stellt das Ergebnis der Beobachtungen einer großen Anzahl von Wetterstationen dar, die über das gesamte euopäische Gebiet verteilt sind. Die Wetterkarte bildet für den UKW-Amateur das wichtigste Hilfsmittel zur Beurteilung der herrschenden UKW-Ausbreitungsbedingungen. Als für uns wichtigstes Element erkennen wir die Verteilung der Hoch- und Tiefdruckgebiete. Die Zentren der Hochdruckgebiete sind durch ein „H" gekennzeichnet, die der Tiefs durch ein „T". Die räumliche Ausdehnung deuten die Isobaren an, das sind Linien, die alle Orte gleichen Luftdrucks miteinander verbinden. Dabei ist der Barometerstand auf ein gemeinsames Niveau, den Meeresspiegel, umgerechnet. Der Luftdruck wird dabei in Millibar (mb) ausgedrückt; die Isobaren sind mit dem jeweiligen Wert in mb gekennzeichnet. Sie vermitteln weiterhin einen annähernden Aufschluß über Windrichtung und Windstärke, wobei in einem Hochdruckgebiet der Wind im Uhrzeigersinn längs der Isobaren verläuft, in einem Tiefdruckgebiet entgegen dem Uhrzeiger. Je enger

sich die Isobaren aneinander drängen, desto größer ist das Druckgefälle und damit die Windstärke.
Hochdruckwetteranlagen mit sehr großräumigen und zusammenhängenden Höheninversionen, die enorme Überreichweiten nach allen Richtungen ermöglichen, treten nur selten auf. Selbst ausgedehnte Hochdruckgebiete verbürgen nicht immer die für Superreichweiten erforderlichen Bedingungen. Nach bisherigen Beobachtungen ergeben sich Rekordaussichten, wenn ein mächtiges und ausgeweitetes Hochdruckzentrum sehr langsam abwandert und sich allmählich abbaut. Die Druckverteilung soll nicht zu flach werden, das heißt, der Abbau des Hochdruckzentrums darf noch nicht zu weit fortgeschritten sein. Die Erfahrung hat gezeigt, daß etwa die 1015-mb-Isobare die Verbindungsmöglichkeit zwischen zwei weit entfernten Partnern eingrenzt. Daraus ist zu folgern, daß die 1015-mb-Isobare möglichst große Gebietsteile einschließen sollte. Da andererseits aber noch ein ausgeprägtes Druckgefälle zwischen Hochdruckkern und 1015-mb-Isobare gefordert wird, muß im Hochdruckzentrum noch ein möglichst hoher Luftdruck mit beginnender leicht absinkender Tendenz herrschen. Weiterhin hat sich herausgestellt, daß Stationen, die auf der gleichen Isobare liegen, besonders gut miteinander in Verbindung kommen können. Überreichweiten längs einer Isobare beruhen meist auf hochliegenden Inversionen. Dagegen werden die meist geringeren Reichweiten quer zu den Isobaren hauptsächlich durch Bodeninversionen hervorgerufen. Kleinere Antizyklonen, die schnell vorbeiziehen, bringen erkennbare, aber gewöhnlich nur verhältnismäßig geringe und in der Richtung begrenzte Reichweitenerhöhungen. Bei der Auswertung der Wetterkarte ist außerdem zu beachten, daß eine Warmfront quer zur Senderichtung die UKW-Ausbreitung sehr ungünstig beeinflußt. Dagegen bestehen frontal zu einer Kaltfront gute Verbindungsmöglichkeiten. Auf der Wetterkarte wird eine Kaltfront durch eine Linie mit aufgesetzten Dreiecken gekennzeichnet, während die Warmfront als Linie mit aufgesetzten Halbkreisen erscheint.


Kaltfront


Warmfront

1.132 Das Barometer

Ein Barometer gehört zur Stationsausrüstung eines jeden UKW-Amateurs. Es zeigt uns den herrschenden Luftdruck an und – was für unsere Zwecke noch wichtiger ist – die Tendenz der Luftdruckänderungen.

Folgende Luftdruckregeln verdienen unsere besondere Beachtung:

langsames und stetiges Fallen des Druckes nach Schönwetterperiode	Wetterumschlag mit Eintrübung und nachfolgenden Niederschlägen. Anfänglich noch sehr gute UKW-Bedingungen, später zunehmende Verschlechterung
langsames und stetiges Steigen des Luftdruckes	läßt den Aufbau eines stabilen Hochdruckgebietes erkennen, Wetterbesserung und sehr gute Aussichten für UKW-Überreichweiten
gleichbleibend hoher Barometerstand	stabiles und langlebiges Hoch, im Sommer warm, im Winter sehr kalt; geringe Luftbewegung. Sehr gute Bedingungen, große Überreichweite möglich
bei hohem Druck kleine, regelmäßige Schwankungen von Tag zu Tag	stabile Schönwetterlage mit sehr guten Bedingungen für große UKW-Überreichweiten
kleine abfallende, dann steil ansteigende Druckbewegung	„Gewitternase", Teiltief, Gewitter wahrscheinlich. UKW-Bedingungen vorwiegend ungünstig
sprunghafter Druckanstieg	Durchzug einer Kaltfront mit böigen Niederschlägen. Auch vorübergehende Wetterbesserung möglich, wenn gleichzeitig starker Temperaturabfall eintritt. Kurzzeitig gute UKW-Bedingungen möglich, im allgemeinen jedoch ungünstig
schneller Luftdruckfall auf ungewöhnlich tiefe Werte	vorüberziehendes, kräftiges Tief mit stürmischen Winden und Niederschlägen. Keine Aussicht auf gute UKW-Bedingungen

1.133 Die Beobachtung des Horizontes

Auch die direkte Wetterbeobachtung kann uns viele Anhaltspunkte für die Beurteilung der Ausbreitungsmöglichkeiten geben. Sie erfordert allerdings eine ziemlich umfassende Kenntnis der meteorologischen Vorgänge; außerdem müssen die örtlichen Gegebenheiten (z. B. Küstengebiet, Flachland, Gebirgslage) mit berücksichtigt werden. Wir beschränken uns deshalb auf einige allgemeingültige Angaben, die im Verlaufe der fortschreitenden Praxis des interessierten UKW-Freundes durch eigene Beobachtung ihre Ergänzung finden können:

tiefblauer Himmel	Bedingungen unstabil
fahlblauer bis grauer Himmel	gute bis sehr gute UKW-Ausbreitung
Windstille	gute Voraussetzung für beste UKW-Bedingungen
tagsüber schwachwindig, gegen Abend „Einschlafen" des Windes	sehr gute Bedingungen in der Nacht bis in die frühen Morgenstunden des nächsten Tages
kräftige oder starke Winde	nur mäßige UKW-Bedingungen, wahrscheinlich stark wechselnde Feldstärken, da Inversionsbildung gestört
gute Fernsicht	ungünstige Bedingungen
schlechte Sicht, durch Dunst hervorgerufen	UKW-Ausbreitung gut bis sehr gut
Wolkenauflösung gegen Abend	gute Bedingungen für die Nachtstunden
Zirruswolken, langsam von Ost nach West ziehend	Aussicht auf gute UKW-Ausbreitung

1.134 Das Phänomen der troposphärischen Schlauchübertragung

Eine sehr eindrucksvolle Erscheinung bei der UKW-Ausbreitung wird im Englischen „ducting" (duct = Kanal, Röhre) genannt. Die deutsche Bezeichnung „Schlauchübertragung" hat sich noch nicht allgemein durchgesetzt, dürfte jedoch eine

besonders treffende Kennzeichnung dieser Erscheinung darstellen.
Bei guten UKW-Bedingungen kommt es vor, daß plötzlich weit entfernte Stationen aus engbegrenzten Gebieten mit sehr großen Feldstärken am Empfangsort eintreffen, während gleichzeitig Stationen, die auf dem Übertragungswege liegen, unhörbar sind oder nur sehr schwach einfallen. Dabei entsteht der Eindruck, daß die Wellenleitung in einem Schlauch stattfindet. So gelangen z. B. am 23. Oktober 1958 nachts von Südthüringen aus innerhalb 90 Minuten Telefonieverbindungen mit 8 verschiedenen holländischen Stationen bei sehr guten Lautstärken. Die durchschnittliche Entfernung betrug rund 500 km, selbst eine Gegenstation mit nur 7 W Eingangsleistung erzeugte noch gute Zimmerlautstärke. Besonders bemerkenswert war, daß sich die Standorte aller holländischen Stationen in einem Kreis mit einem Radius von nur etwa 40 km befanden; gleichzeitig bestand keinerlei Verbindungsmöglichkeit mit Amateurfunkstellen in Nordholland, Belgien oder mit dem näher und in gleicher Richtung liegenden Ruhrgebiet.
Dieses seltene Ausbreitungsphänomen kann durch das Übereinanderliegen mehrerer Inversionen erklärt werden. Ein Funkstrahl, der zwischen diese Schichten gerät, wird so lange von einer zur anderen Schicht reflekiert, bis die untere Schicht „Löcher" zeigt (Bild 4).

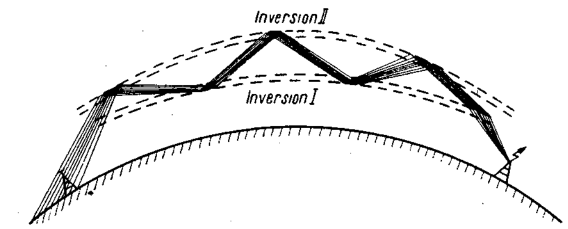


Bild 4. „Schlauchübertragung" zwischen zwei Inversionsschichten

Eine weitere, nicht ganz so wirkungsvolle und prägnante Form des „ducting" tritt auf, wenn die „Schlauchübertragung" zwischen der Erdoberfläche und einer Bodeninversionsschicht stattfindet (Bild 5). In unseren Breiten ist auch diese Er-

scheinung selten, da sie nur bei sehr kräftigen und weiträumigen Bodeninversionen mit starker Abnahme der relativen Feuchte auftritt. Kennzeichnend für diese Art der Ausbreitung ist, daß es auf dem Ausbreitungsweg keine empfangstoten Zonen gibt. Große Überreichweiten durch Bodeninversionen werden im allgemeinen nur erzielt, wenn der Ausbreitungsweg weder über Gebirge noch größere Wasserflächen führt.

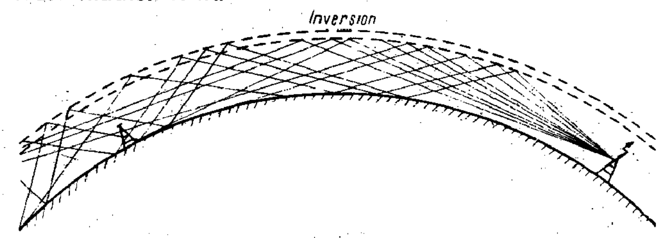


Bild 5. „Schlauchübertragung" zwischen Erdoberfläche und einer Bodeninversionsschicht

Wenn der Brechungseffekt in der Troposphäre so stark ist, daß ein parallel zur Erdoberfläche abgestrahlter Wellenzug wieder zur Erdoberfläche reflektiert wird, so spricht man von „Super-Refraktion". Es erfolgt dabei eine totale Reflexion an einer Inversionsschicht, ähnlich dem Vorgang, wie er bei Kurzwellen an den Schichten der Ionosphäre auftritt.

1.14 Reflexion der UKW an der sporadischen E-Schicht

Häufig befinden sich innerhalb der normalen E-Schicht bei etwa 100 km Höhe unregelmäßig verteilte und stark ionisierte Gebiete. Diese anomale Schicht nennt man sporadische E-Schicht („ES-Schicht"). Während uns die Wirkungen der ES-Schicht ziemlich genau bekannt sind, konnte die Wissenschaft bisher noch keine eindeutige Klärung für das Entstehen der Schicht finden. Einerseits wird vermutet, daß die laufend in die Erdatmosphäre eindringenden und dort verdampfenden Meteore zu einem gewissen Teil eine zu-

sätzliche Ionisation bewirken, andererseits werden Wechselbeziehungen zwischen dem Auftreten von Polarlichterscheinungen und der ES-Schicht angenommen. Die ES-Schicht ist hinsichtlich ihres Auftretens und ihrer Ausdehnung sehr sprunghaft. Sie kommt in Äquatornähe am häufigsten vor und nach den Erdpolen hin seltener.

Es ist erwiesen, daß für einen begrenzten Teil des UKW-Bereiches zwischen 30 MHz und etwa 100 MHz ionosphärische Reflexionen an der ES-Schicht stattfinden können. Sehr zweifelhaft ist dagegen, ob man bei der 2-m-Welle überhaupt noch mit einer Reflexion an der sporadischen E-Schicht rechnen kann. Ein stichhaltiger Beweis dafür wurde jedenfalls bis jetzt noch nicht geführt.

1.15 UKW-Überreichweiten durch Polarlichtreflexionen

Von Zeit zu Zeit schleudert die Sonne riesige, elektrisch geladene Gasmassen in den Weltraum hinaus. Es wird vermutet, daß es sich dabei um Wasserstoffionen, Kalziumionen und freie Elektronen handelt. Diese Gasmassen haben keinen Wellencharakter, ihre Ausbreitungsgeschwindigkeit beträgt deshalb auch nur ∾ 1500 km/s. Da hierbei Korpuskeln (kleinste Teilchen) ausgestrahlt werden, heißt diese Art der Strahlung „Korpuskularstrahlung".

Die elektrisch geladenen Korpuskeln werden durch elektrische und magnetische Felder abgelenkt. Gerät unsere Erde in einen solchen Korpuskelstrom, so lenkt der Einfluß des erdmagnetischen Feldes die Ionen und Elektronen des Korpuskelstromes in Richtung der Erdpole ab. In der Nähe des 70. Breitengrades, der sogenannten Polarlichtzone, tritt die Korpuskularstrahlung in die Erdatmosphäre ein und bewirkt dort neben einer zusätzlichen Ionisierung das bekannte Polarlicht. Das in der nördlichen Polarlichtzone auftretende Nordlicht nennt der Wissenschaftler „Aurora borealis" (Südlicht = Aurora australis). Extrem starke Nordlichter konnten selbst in Nordafrika noch beobachtet werden. Im allgemeinen beschränkt sich die Sichtbarkeit der „Aurora borealis" bei uns auf Nordeuropa, wobei die Häufigkeit mit

größer werdender nördlicher Breite zunimmt und bei etwa 70° nördlicher Breite ein Maximum erreicht. Gleichzeitig entwickelt sich entlang der Polarlichtzone ein Stromsystem, dessen stark schwankendes Magnetfeld dem konstanten erdmagnetischen Feld überlagert ist. Es entsteht ein erdmagnetischer Sturm, dessen Intensität entlang der Polarlichtzone am größten ist.

Das Nordlicht zeigt sich uns in den verschiedensten Formen und Farben, es entsteht in der Ionosphäre bei Höhen von 90 km bis zu 1000 km mit einer größten Häufigkeit bei 100 km.

Die durch die intensive Korpuskularstrahlung herbeigeführte zusätzliche Ionisation kann in der Polarlichtzone örtlich sehr hohe Werte annehmen. Es bilden sich deshalb oft in unmittelbarer Nähe der Polarlichter ausgesprochene Ionisationszentren aus, die so kräftig sind, daß die Ultrakurzwellen des 2-m-Bandes dort reflektiert werden können. Für den UKW-Amateur ist diese Tatsache äußerst erfreulich, denn „via Aurora“ besteht auch in geographisch ungünstigen UKW-Lagen die Aussicht, Entfernungen von 1000 km und mehr zu überbrücken. Die Reflexion an der sogenannten Nordlicht-E-Schicht erfolgt in einer Höhe von durchschnittlich mehr als 100 km. Daraus folgt, daß die Höhenlage der „via Aurora“ arbeitenden Stationen nur untergeordnete Bedeutung hat, denn die reflektierende Schicht wird als Gegenstation mit einer Höhe von 100 km über NN betrachtet; die optische Sichtweite beträgt dann 1130 km. Dabei bleiben Gebirge oder sonstige Hindernisse, die auf der direkten Verbindungslinie zwischen beiden Stationen liegen, ohne Einfluß, denn die Ausbreitung erfolgt nicht direkt, sondern auf dem Umweg über die Nordlicht-E-Schicht. So ist es z. B. bei guten Aurora-Bedingungen leicht möglich, vom mitteldeutschen Raum aus mit englischen 2-m-Stationen über Polarlichtreflexionen zu arbeiten. Dabei kann die direkte Entfernung zwischen Deutschland und England um 900 km betragen, während der wirkliche Ausbreitungsweg Deutschland – Nordlicht-E-Schicht – England um ein Mehrfaches größer ist.

Aurora-Verbindungen werden grundsätzlich in Telegrafie abgewickelt, weil durch die diffuse Reflexion an der Nordlicht-

E-Schicht die Sprache völlig verzerrt und verbrummt erscheint, also unverständlich wird. Selbst Telegrafiezeichen sind infolge dieses Effektes oft schwer zu lesen; an Stelle des sonst üblichen musikalischen Überlagerungstones erscheint jedes Aurorasignal mit einem häßlich knarrenden oder zischenden Ton moduliert. Es ist deshalb auch oft möglich, die Telegrafiezeichen ohne Einschaltung des Telegrafieüberlagerers zu empfangen.

Die Antennen aller beteiligten Stationen stehen nach Norden. Da das Reflexionsgebiet der Nordlicht-E-Schicht häufig etwas nach Westen oder Osten verlagert erscheint, sollten die Antennen zwischen Nordwest und Nordost auf größte Signalstärke orientiert werden (Betriebstechnik bei Aurora siehe Abschnitt 4.33).

Da das Auftreten von Polarlichtern in direktem Zusammenhang mit Ausbrüchen auf der Sonne steht, ist eine annähernde Vorhersage von Aurorabedingungen möglich. Etwa 26 Stunden nach Beginn einer größeren Sonneneruption kann mit dem Eintreffen der Korpuskelwolke in der Ionosphäre gerechnet werden. Es kommt allerdings auch vor, daß die von der Sonne ausgeschleuderte Korpuskularstrahlung die Erde nicht trifft und also trotz festgestellter Sonneneruptionen die geschilderten Auswirkungen in der Erdatmosphäre ausfallen. Dies ist meist dann der Fall, wenn die Ausbrüche in der Nähe des Sonnenrandes stattfinden.

Eine sehr gute Möglichkeit, sich laufend über den Zustand der Ionosphäre zu informieren, gibt uns der Normalfrequenzsender WWV (Standort Washington D. C. USA). Diese Station arbeitet im Dauerbetrieb auf den Frequenzen 2,5 MHz – 5 MHz – 10 MHz – 15 MHz – 20 MHz und 25 MHz, sie strahlt jeweils 19,5 min und 49,5 min nach jeder vollen Stunde eine Kennung aus, die aus einem Buchstaben und einer Zahl besteht. Wichtig sind für uns die Buchstaben. Es bedeuten:

N = keine Warnung, Normalzustand der Ionosphäre
U = unstabile Bedingungen, Unruhe der Ionosphäre
W = Ionosphärensturm und erdmagnetische Störungen im Gange oder erwartet

Die dem Buchstaben nachfolgende Zahl kennzeichnet die Vorhersage der Kurzwellenausbreitung auf dem Nordatlantikpfad für die nächsten 5 Stunden. Es gilt folgende Skala:

1 = unmöglich
2 = sehr schlecht
3 = schlecht
4 = schlecht bis mäßig
5 = mäßig
6 = mäßig bis gut
7 = gut
8 = sehr gut
9 = ausgezeichnet

Für den 2-m-Amateur bilden die Kennungen W 1 bis W 3 eine günstige Voraussage für mögliche Aurorabedingungen. Polarlichterscheinungen sind in den Perioden des Sonnenfleckenmaximums am häufigsten. Auch ein jahreszeitlicher Gang ist festzustellen, denn „Aurora" erscheint bevorzugt im Vorfrühling (März) und im Frühherbst (September). Die Erfahrung hat gezeigt, daß Aurorasignale häufig in den späten Nachmittagsstunden bzw. bei Sonnenuntergang am stärksten sind. Sehr oft kann auf dem 2-m-Band die Auroraausbreitung in mehreren Intervallen mit unterschiedlichen Zeitabständen beobachtet werden. Es ist deshalb ratsam, das Band nach dem Abklingen eines Aurora-Effektes noch mehrere Stunden lang zu kontrollieren, um mögliche spätere Intervalle ebenfalls auszunutzen. Häufig wurde beobachtet, daß sich ein Aurora-Effekt nach 27 Stunden wiederholt. In unseren Breiten werden Polarlichter auch bei sehr guten Aurorabedingungen nur in den seltensten Fällen sichtbar, während im nördlichen Skandinavien die „Aurora borealis" eine beinahe alltägliche Erscheinung ist.

1.16 Scatter-Verbindungen auf ultrakurzen Wellen

Das Fremdwort „scatter" ist erst in den letzten Jahren im Zusammenhang mit Ausbreitungserscheinungen aufgetaucht. Es kann einigermaßen treffend durch das Wort „Streustrahlübertragung" ersetzt werden. Um den Vorgang des „scattering" richtig zu verstehen, bedienen wir uns wieder eines Vergleiches aus der Optik:

Wenn hinter einem Berg ein starker Scheinwerfer sein Lichtbündel in den Nachthimmel strahlt, so sieht ein Beobachter auf der anderen Seite des Berges nicht die Lichtquelle, jedoch das nach oben gerichtete Strahlenbündel. Das Lichtbündel ist bei dunstiger Luft oder beim Durchzug von Wolkenfetzen durch den Strahl besonders gut sichtbar. Die feinen Staub- oder Wasserpartikelchen, die sich im Strahlungsweg befinden, zerstreuen die Strahlung, und durch diese Streuung gelangt auch ein Bruchteil des Lichtes zum Beobachter außerhalb des optischen Horizontes.

Blicken wir z. B. aus weiter Entfernung nachts in Richtung einer Großstadt, so erkennen wir keine einzelnen Lichter, da die Lichtquellen jenseits des optischen Horizontes liegen. Trotzdem können wir einen hellen Lichtschein über der Stadt wahrnehmen, der bei staubreicher oder dunstiger Luft besonders hell und eindrucksvoll ist.

Ganz ähnlich werden auch die Ultrakurzwellen an den Stellen der Atmosphäre zerstreut, die eine Unstetigkeit der Struktur aufweisen. Es sind die Gebiete mit starker Luftturbulenz, die vorzugsweise in der Tropopause bei etwa 10 km Höhe vorkommen. Dort finden intensive Vertikalbewegungen der Luft statt, sogenannte Ausgleichsvorgänge, die eine dauernde Turbulenz verursachen. Es entstehen Luftschlieren, die – wie angenommen wird – in erster Linie für die Streuung der Ultrakurzwellen verantwortlich sind. Ob noch andere Faktoren bei Bildung dieser Strahlstreuung mitwirken, ist noch nicht eindeutig geklärt worden. Die Streureflexion erfolgt diffus, es wird nur ein geringer Bruchteil der Strahlung von ihr erfaßt, und der jenseits des optischen Horizontes wieder zur Erde gelangende Strahlungsanteil ist deshalb sehr gering. Diese Restfeldstärke zeigt aber eine erstaunlich hohe Konstanz, so daß heute bereits verschiedene kommerzielle „Scattering-Strecken" im Betrieb sind. Das „Narcom-Projekt", das eine transatlantische Fernsehverbindung zwischen Nordamerika und Europa vorsieht, soll sich ebenfalls aus einzelnen Scattering-Funkfeldern zusammensetzen, deren längstes zwischen Island und den Färöer-Inseln eine Entfernung von 535 km überbrücken müßte.

Die troposphärische Streustrahlübertragung dürfte jedoch für den UKW-Amateur vorerst kaum größere Bedeutung er-

langen, denn sie erfordert – wenn sie Erfolg haben soll – einen außerordentlichen Aufwand an Senderleistung. In der kommerziellen Übertragungstechnik ist dieser große Aufwand gerechtfertigt, da durch die troposphärische Streustrahlübertragung ständig ein konstantes Signal unabhängig von allen Veränderungen der Troposphäre oder der Ionosphäre zur Verfügung steht.

Wir unterscheiden:

die troposphärische Streustrahlübertragung (tropospheric scatter) für Frequenzen zwischen etwa 100 MHz bis 1000 MHz (vorzugsweise um 500 MHz) bei einer möglichen Funkfeldlänge bis etwa 800 km;
die ionosphärische Streustrahlübertragung (ionospheric scatter) für Frequenzen zwischen 25 und 60 MHz bei Funkfeldlängen zwischen etwa 1000 bis 2000 km. Die Streuung erfolgt hier an der E-Schicht in einer Höhe von annähernd 100 km.

1.17 Die Reflexion von UKW an Meteorbahnen

Wir wissen heute, daß der „leere Raum" in unserem Sonnensystem gar nicht so leer ist, wie früher angenommen wurde. Er enthält eine unvorstellbar große Anzahl meist kleinster, staubförmiger Meteoriten, mit denen unsere Erde auf ihrer Bahn laufend in Kollision kommt. Diese Meteoriten dringen mit teilweise sehr hoher Geschwindigkeit (bis zu 72 km/s) in unsere Atmosphäre ein, sie verdampfen und verbrennen normalerweise durch die Reibungswärme in etwa 100 bis 200 km Höhe. Nur ein ganz geringer Teil dieser Meteoriten ist so groß, daß bei ihrer Verbrennung in der Atmosphäre eine sichtbare Leuchtspur (Sternschnuppe) entsteht. Im Vergleich zur Gesamtzahl besitzen nur äußerst selten Meteoriten genügend Masse, um in der Atmosphäre nicht restlos zu verbrennen. Sie fallen in mehr oder weniger große Stücken, teilweise als sogenannte Feuerkugeln, zur Erde nieder und können in Ausnahmefällen Verwüstungen anrichten. Es ist errechnet worden, daß sich das Gewicht unserer Erde durch Meteoritenfall jährlich um rund 2000 t erhöht. Täglich wer-

den von der Erdatmosphäre etwa 12 Billionen Meteoriten aufgenommen, von denen mindesten 10 Billionen aus kleinsten, staubförmigen Partikeln bestehen, deren Durchmesser geringer als 0,16 mm ist.
Es werden zwei Gruppen von Meteoriten unterschieden. Die erste Gruppe ist im Weltenraum immer vorhanden und dort sporadisch verteilt. Sie bewegen sich ziellos und mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Die Meteoriten der zweiten Gruppe bewegen sich in gleicher Richtung und mit gleicher Geschwindigkeit auf einer bestimmten Bahn. Das sind die Meteorströme – auch Meteoritenschauer genannt –, die die Erdbahn in periodischen Zeitabständen kreuzen. Diese immer wiederkehrenden Meteoritenschwärme vermitteln uns das Naturschauspiel erhöhten Sternschnuppenfalles, wie z. B. der bekannte Laurentiusschwarm (Perseiden).

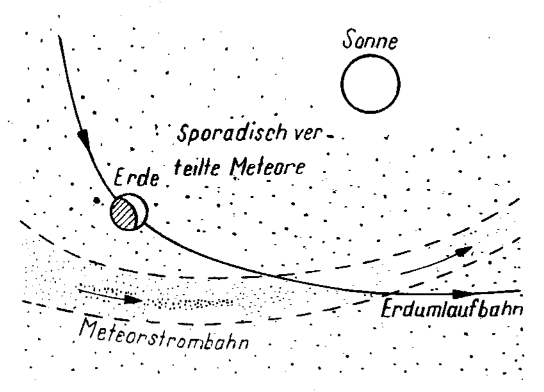


Bild 6. Meteorstrom- und Erdumlaufbahn

Vor einigen Jahren wurde beim Messen von Scattering-Strecken festgestellt, daß zeitweise sprunghafte und sehr starke Feldstärkeanstiege vorkamen, deren Dauer teils nur Sekundenbruchteile, teils bis zu 30 sec betrug. Bei Untersuchung dieses Phänomens fand man schließlich, daß diese Feldstärkeanstiege durch Reflexion der Ultrakurzwellen an ionisierten Bahnen von Meteoren entstanden. Wissenschaftliche Forschungen ergaben, daß ein in der Atmosphäre ver-

brennender Meteor nicht nur eine Leuchtspur hinterläßt, sondern vor seiner endgültigen Verdampfung auch einen Ionisationskanal erzeugt. Dieser ionisierte Schweif ist sehr kurzlebig, da er sich in der dünnen Atmosphäre schnell ausbreitet und dadurch zerstreut. Im Zustand der Konzentration jedoch ist die Ionisation so intensiv, daß auch die Ultrakurzwellen des 2-m-Bandes noch am Ionisationskanal reflektiert werden können. Je größer der fallende Meteor, desto mächtiger und damit langlebiger ist naturgemäß auch der Ionisationskanal. Die Möglichkeit der kommerziellen Nachrichtenübertragung über große Strecken durch Reflexion von Ultrakurzwellen an Meteorbahnen wird im kanadischen „Janet-Verfahren" bereits genutzt.
Auch die 2-m-Amateure haben sich in der letzten Zeit mit diesem Übertragungsverfahren beschäftigt und gute Erfolge erzielt. Dabei stützen sich die Amateure nicht auf Zufallserfolge, die durch sporadisch auftretende Meteore verursacht werden könnten, sondern nutzen die periodisch auftretenden Meteoritenschwärme. Da die Bahn und die Geschwindigkeit dieser Meteoritenströme größtenteils bekannt ist, kann der Zeitpunkt, zu dem sich unsere Erdbahn mit der Meteorbahn kreuzt, ziemlich genau vorausberechnet werden.
Nachfolgende Übersicht zeigt die wichtigsten Meteorströme eines Jahres in der zeitlichen Reihenfolge ihres Auftretens (nach OE 1 WJ).

Datum	Ortszeit	Bezeichnung des Stromes	
3. 1. bis 4. 1.	08.30	Quadrantiden	(jährlich wiederkehrend)
17. 1.	12.00	Cygniden	
5. 2. bis 10. 2.	20.30	Aurigiden	
10. 3. bis 12. 3.	03.00	Boötiden	
20. 3.	00.00	Coma Berenice	
3. 4.	01.00	Virginiden	
22. 4.	04.30	Lyriden	(jährlich wiederkehrend)
5. 5. bis 6. 5.	07.30	Eta-Aquariden	(jährlich wiederkehrend)
7. 5. bis 13. 5.	10.30	Pisciden	
11. 5. bis 24. 5.	00.00	Mai-Herculiden	
20. 5. bis 21. 5.	10.00	O-Cetiden	
30. 5.	05.30	Mai-Pegasiden	
4. 6. bis 5. 6.	11.00	Zeta-Perseiden	(jährl. wiederkehrend)
7. 6. bis 8. 6.	10.00	Arietiden	(jährlich wiederkehrend)
8. 6. bis 9. 6.	22.00	Libriden	
14. 6.	00.30	Scorpion-Sagittariden	

Datum	Ortszeit	Bezeichnung des Stromes	
25. 6.	10.30	54-Perseiden	
28. 6.	19.30	Juni-Draconiden	
1. 7. bis 2. 7.	11.00	Beta-Tauriden	(jährlich wiederkehrend)
12. 7.	10.00	Alpha-Orioniden	
12. 7.	11.00	Ypsilon-Geminiden	
12. 7.	12.00	Lambda-Geminiden	
14. 7.	02.00	Cygniden	
18. 7. bis 30. 7.	00.00	Capricorniden	
25. 7.	09.30	Aurigiden	
25. 7. bis 4. 8.	05.30	Perseiden	
28. 7.	02.00	Delta-Aquariden	(jährl. wiederkehr.)
29. 7.	02.00	A-Piscis Austr.	
10. 8. bis 15. 8.	05.00	Perseiden	(jährlich wiederkehrend)
15. 8.	00.30	Cygniden	
18. 8.	23.00	Cepheiden	
21. 8. bis 23. 8.	21.00	Draconiden	
31. 8.	15.00	Aurigiden	
8. 9.	01.00	Sculptoriden	
12. 9.	00.30	Pisciden	
16. 9.	04.00	September-Perseiden	
22. 9.	05.00	September-Aurigiden	
2. 10.	14.30	Quadrantiden	
9. 10.	16.30	Giacobiniden	
20. 10. bis 23. 10.	05.00	Orioniden	(jährlich wiederkehrend)
12. 10. bis 23. 10.	01.00	Arietiden	
13. 11.	00.30	Tauriden	(jährlich wiederkehrend)
14. 11.	22.00	Bieliden	
16. 11. bis 17. 11.	06.30	Leoniden	(jährlich wiederkehrend)
23. 11.	22.30	Andromediden	
12. 12. bis 15. 12.	03.00	Geminiden	(jährlich wiederkehrend)
22. 12.	08.00	Ursiden	(jährlich wiederkehrend)

Besonders wichtige Meteoritenschauer sind durch Sperrdruck hervorgehoben.

Es wurde bereits erwähnt, daß die reflektierenden Ionisationskanäle von Meteorbahnen kurzlebig sind. Dementsprechend ist auch die Verbindungsmöglichkeit bei einem Meteorscatter-QSO sehr kurz. Einzelne Reflexionen machen sich als sogenannte „Pings" bemerkbar, die in mehr oder weniger großen Abständen hörbar werden; erst wenn eine Vielzahl einfallender Meteoriten ständig neue reflektierende Ionisationskanäle schafft, treten „Bursts" mit einer Dauer von mehreren Sekunden bis zu 2 Minuten auf. Eine darüber hinausgehende zusammenhängende Verbindungsmöglichkeit gibt es nur selten. Um Meteorscatter-Verbindungen mit

einem Mindestzeitaufwand durchführen zu können, wurde folgender MS-Code entwickelt.

Abkürzungen für Meteorscatter-Verbindungen

ALL	ALL	beide Rufzeichen und Rapport fehlen
BC	BC	beide Rufzeichen fehlen
MC	MC	mein Rufzeichen fehlt
YC	YC	Ihr Rufzeichen fehlt
MS	MS	mein Rufzeichen und Rapport fehlt
YS	YS	Ihr Rufzeichen und Rapport fehlt
SSS	SSS	Rapport fehlt
RRR	RRR	Empfangsbestätigung

Der Rapport besteht aus dem Buchstaben S, gefolgt von zwei Ziffern. Die erste Ziffer zeigt die Dauer der Bursts an:

1 = kurze Pings ohne jegliche Information

2 = Bursts bis 5 sec Dauer

3 = Bursts von 5 bis 10 sec Dauer

4 = Bursts von 10 sec bis 2 min Dauer

5 = zusammenhängende Signale von mehr als 2 min Dauer

Die zweite Ziffer beschreibt die Lautstärke (S1 bis S9) und entspricht dem „S" im RST-System.

Nur eine Verbindung, bei der von jeder der Stationen beide Rufzeichen, beide Rapporte und beide Rapportbestätigungen aufgenommen und gesendet werden konnten, ist als gültiges Meteorscatter-QSO zu werten.

Zum erfolgreichen Meteorscattering gehört eine erstklassige Stationsausrüstung. Der Empfänger muß ein Maximum an Frequenzstabilität bei guter Empfindlichkeit und geringstem Rauschen besitzen. Weiterhin ist es erforderlich, die Sendefrequenz äußerst stabil zu halten; die Senderausgangsleistung sollte sich an der obersten Grenze des Möglichen bewegen. Natürlich ist auch ein maximaler Antennengewinn anzustreben, jedoch sollte der Öffnungswinkel der Abstrahlung nicht allzu schmal sein. An zusätzlicher Ausrüstung wird ein zuverlässiges Chronometer und nach Möglichkeit eine automatische Sende-Empfangs-Umschalteinrichtung benötigt. Es ist unerläßlich, Meteorscatter-Versuche vorher mit dem in Aussicht genommenen Partner genau abzusprechen.

2. Das Rauschen

Wir sind heute technisch in der Lage, Meterwellen beliebig zu verstärken. Der Qualität der Signale ist jedoch eine Grenze gesetzt, denn wir verstärken ja nicht nur das Nutzsignal, sondern auch alle vorhandenen Stör- und Rauschquellen. Schließlich wird der Abstand zwischen Nutzspannung und Rauschspannung so gering, daß das Signal im Rauschen untergeht. Für die Güte unseres Empfängers ist deshalb nicht die erreichte Verstärkung entscheidend, sondern der erzielte Abstand zwischen Nutzsignal und Rauschpegel, kurz „Rauschabstand" genannt.

Das am Ausgang eines UKW-Empfängers vorhandene Grundrauschen stellt ein Produkt verschiedener Rauschquellen dar, die sowohl innerhalb als auch außerhalb des Empfängers liegen.

Das kosmische Rauschen hat seinen Ursprung hauptsächlich im interstellaren Raum; es handelt sich dabei vor allem um die Strahlung von sogenannten Radiosternen im Wellenlängenbereich von etwa 30 m bis hinunter zu den Millimeterwellen. Auch unsere Sonne liefert – besonders zu Zeiten starker Aktivität – einen verhältnismäßig großen Rauschanteil, das solare Rauschen. Es ist Aufgabe der Radiostronomie, diese kosmischen Rauschquellen zu lokalisieren und zu messen. Natürlich haben wir keine Mittel, diesen extraterrestrischen Tauschbeitrag zu verhindern. Jedoch kann durch Verwendung scharf bündelnder Richtantennen erreicht werden, daß nicht die gesamte Sphäre der kosmischen Rauschquellen aufgenommen wird, sondern nur ein begrenzter Sektor.

Das im Empfänger selbst entstehende Rauschen hat seine Ursache in der Brownschen Molekularbewegung. Diese Theorie besagt, daß die zwischen den Molekülen befindlichen freien Elektronen in eine unregelmäßige Bewegung geraten, sobald die Temperatur über 0° K (null Grad Kelvin = absoluter Nullpunkt; entspricht –273° C) ansteigt. Diese unregelmäßige Elektronenbewegung kann als eine Kombination zahlloser Wechselströme ungleicher Frequenzen angesehen werden; sie macht sich in unseren Empfängern als unerwünschtes Rauschen bemerkbar. Die erzeugte Rausch-

spannung ist direkt abhängig von der Temperatur, dem Ohmschen Widerstand und der Bandbreite. Sämtliche – auch die im erweiterten Sinne dazugehörenden – Wirkwiderstände rauschen. Darunter fallen in erster Linie Röhren und Resonanzkreise. Dagegen erzeugen Blindwiderstände keine Rauschspannung. Jede Rauschquelle kann durch einen äquivalenten Widerstand ersetzt werden, an dem die gleiche Rauschleistung erzeugt wird. Insbesondere bei Empfängerröhren ist der äquivalente Rauschwiderstand $R_{äq}$ eine sehr wichtige und gebräuchliche Kennzeichnung der Rauscheigenschaften.

2.1 Die „kT_0-Zahl"

Bei einem UKW-Empfänger bestimmt praktisch das im Gerät erzeugte Eigenrauschen die Grenze der Verwendbarkeit. Daher bedient man sich zur Kennzeichnung der Empfindlichkeit eines besonderen Verfahrens, das den Rauschpegel des Empfängers in eine bestimmte Beziehung zum Eingangssignal bringt. Dabei wird die erforderliche Eingangsleistung gemessen, um am Ausgang des Zwischenfrequenzverstärkers ein gerade noch wahrnehmbares Signal zu erzeugen.

Da die Antenne einem Generator mit reellem Innenwiderstand gleichgesetzt werden kann, rauscht sie auch wie ein Wirkwiderstand. Das Gesamtrauschen N_{ges} einer Empfangsanlage setzt sich demnach zusammen aus der Empfängerrauschleistung N_E und der Antennenrauschleistung N_A:

$$N_E + N_A = N_{ges}.$$

Verhält sich die von der Antenne aufgenommene Leistung des Nutzsignales zur Gesamrauschleistung der Empfangsanlage wie 1 : 1, so kennzeichnet das die Grenzempfindlichkeit des Empfängers. Ausgedrückt wird die Grenzempfindlichkeit durch die kT_0-Zahl. In dieser Bezeichnung stellt „k" die Boltzmannsche Konstante mit dem Wert $1{,}38 \cdot 10^{-23}$ Ws dar, während "T_0" die Zimmertemperatur in °K bedeutet. Gewöhnlich nimmt man eine Zimmertemperatur von 293° K (20° C) an. Demnach ist

$$
\begin{aligned}
1\ kT_0 &= 1{,}38 \cdot 10^{-23} \cdot 293 \\
&= 404{,}34 \cdot 10^{-23} \\
&= 4{,}0434 \cdot 10^{-21}
\end{aligned}
$$

oder rund $4 \cdot 10^{-21}$ Ws.

$4 \cdot 10^{-21}$ Ws pro Hz Bandbreite wäre also die Rauschleistung, die einem rauschfreien Idealempfänger mit einer Empfindlichkeit von 1 kT_0 von einem angepaßten Generator angeboten wird. Einen vollkommen rauschfreien Empfänger, dem eine Empfindlichkeit von 1 kT_0 zugeordnet werden könnte, gibt es leider nicht. Es ist der theoretische Bezugswert, dem wir möglichst nahe zu kommen trachten.

Man vergleicht einen beliebigen Empfänger mit dem rauschfreien Idealempfänger, indem festgestellt wird, wievielmal größer als 1 kT_0 die von der Antenne gelieferte Leistung sein muß, um am Zwischenfrequenzausgang des Empfängers ein Signal-Rausch-Verhältnis von 1 : 1 herstellen zu können. Das Messen der Grenzempfindlichkeit eines Empfängers in kT_0 ist in der Praxis viel einfacher, als das die etwas ungewohnte Theorie vermuten läßt. Allerdings wird dazu ein Rauschgenerator benötigt, der mit einer leider etwas kostspieligen, speziellen Rauschdiode bestückt ist. Erst der Rauschgenerator versetzt den UKW-Amateur in die Lage, die Empfindlichkeit seines Selbstbauempfängers zu kontrollieren und durch zielstrebige Abgleicharbeiten schließlich ein Optimum an Empfangsleistung herauszuholen. Grundsätzlich könnte natürlich auch ein Meßsender für diese Empfindlichkeitskontrolle herangezogen werden, aber es wird wohl kaum einen Amateur geben, der über einen Prüfgenerator für UKW verfügt, dessen definierte Ausgangsleistung sich bis zu Bruchteilen eines Mikrovolt herabregeln läßt und der dabei noch vollkommen „dicht" ist. Ein einfacher Rauschgenerator gehört zum unentbehrlichen Rüstzeug eines jeden ernsthaften UKW-Amateurs. Der nachfolgende Abschnitt befaßt sich deshalb mit solchen für die UKW-Arbeit geeigneten Geräten.

2.2 Der Rauschgenerator

Bei allen Rauschgeneratoren ist die abgegebene Rauschleistung von einem Gleichstrom abhängig und diesem proportional. Ein sehr einfaches und doch außerordentlich brauchbares Gerät läßt sich nach Bild 7 herstellen. Das

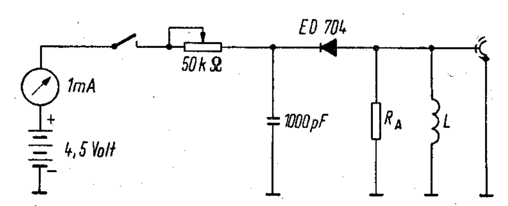


Bild 7. Rauschgenerator mit Kristalldiode

Herzstück dieses Kristalldiodenrauschgenerators bildet eine Silizium-Diode (z. B. ED 704, 1 N 21, 1 N 23 usw.). Es eignen sich alle Silizium-Dioden, die als Detektoren in Dezimeterwellengeräten verwendet werden. R_A ist ein induktionsfreier UKW-Schichtwiderstand, dessen Widerstandswert genau dem Wellenwiderstand des verwendeten Antennen-Speisekabels bzw. der Eingangsimpedanz des UKW-Empfängers entspricht. Im allgemeinen werden es 60 Ohm sein. Beim Einbau dieses Widerstandes sollen keine schädlichen Induktivitäten auftreten, das heißt, der Widerstand muß so eingesetzt werden, daß praktisch keine Anschlußdrähte mehr vorhanden sind. Auch die Parallelschaltung zweier oder mehrerer Widerstände, deren resultierender Gesamtwiderstand dann dem gewünschten Ohmwert entsprechen muß, ist geeignet, schädliche Induktivitäten herabzusetzen.
Die Kompensationsspule L wird so bemessen, daß sie zusammen mit der Diodenkapazität und den Schaltkapazitäten Resonanz im zu verwendenden Frequenzbereich ergibt. Wir werden diese Spule mit Hilfe eines geeichten Grid-Dip-Meters auf 145 MHz abstimmen, dürfen aber nicht vergessen, vor diesem Abgleich den Widerstand R_A zu entfernen, denn R_A liegt dem Kreis parallel und bewirkt eine starke Bedämpfung des Kreises. Sein Vorhandensein beim

Abgleich des Kreises würde deshalb eine einwandfreie Resonanzanzeige des Grid-Dippers verhindern. Der Spulenabgleich ist nicht sehr kritisch, da durch die anschließende Bedämpfung des Kreises durch R_A eine große Bandbreite gegeben ist. Die Kompensationsspule L kann notfalls auch ganz weggelassen werden.
Der Komplex Silizium-Diode – R_A – L und Koaxialbuchse soll sehr eng, und damit möglichst induktivitätsarm, zusammengeschaltet werden. Alle anderen Bauteile sind bezüglich Einbau und Leitungsführung weitgehend unkritisch.
Dieser sehr einfache Rauschgenerator gestattet natürlich nur Relativmessungen, die jedoch für den Empfängerabgleich ausreichen. Er kann Rauschleistungen bis zu etwa 15 kT_0 herstellen. Einen Rauschgenerator, der allen Wünschen eines anspruchsvollen UKW-Amateurs genügt, zeigt Bild 8.

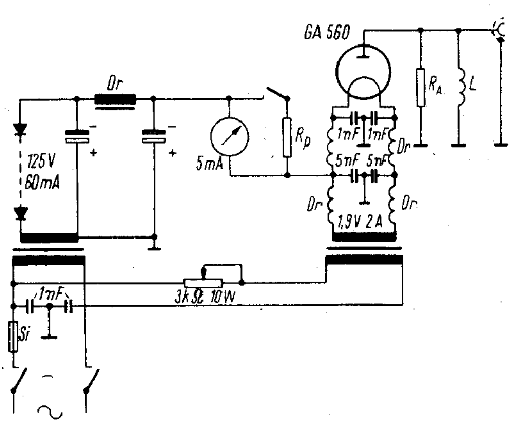


Bild 8. Rauschgenerator für den anspruchsvollen UKW-Amateur

In ihm findet die moderne Rauschdiode GA 560 des VEB Werk für Fernmeldewesen Berlin Verwendung. Auch die Typen K 81 A, 5722, CV 172, 10 M, LG 16 und LG 17 als spezielle Rauschdioden sind geeignet. Diese Rauschdioden besitzen grundsätzlich einen Wolfram-Heizfaden und werden direkt geheizt. Im Gegensatz zu den Röhren mit Oxydkatoden, deren Anodenstrom mit größer werdender Anoden-

spannung ansteigt, ist dies bei Röhren mit Wolfram-Heizfaden von einer gewissen Anodenspannung ab nicht der Fall. Durch die Wolframkatode bleibt bei den genannten Typen – eben unseren Rauschdioden – von einer bestimmten Anodenspannung ab auch bei weiterer Steigerung der Spannung der Anodenstrom gleich. Die Röhre arbeitet dann im sogenannten Sättigungsgebiet, und eine Änderung des Anodenstromes läßt sich dabei nur durch Verändern der Heizspannung erzielen. Der Anodenstrom selbst erzeugt ein Rauschspektrum, das von den tiefsten Frequenzen bis zu sehr hohen Frequenzen mit konstanter Intensität über dem gesamten Frequenzbereich liegt.

Die Rauschdiode GA 560 arbeitet bereits bei einer Anodenspannung von 100 V im Sättigungsbereich; eine maximale Anodenspannung von 150 V darf nicht überschritten werden. Die in der Schaltung angegebene Betriebs-Anodenspannung von 125 V bietet die Gewähr, daß die Röhre auch bei starken Netzspannungsschwankungen noch im Sättigungsgebiet arbeitet. Die Diodenanode liegt über R_A bzw. L an Masse, das bedeutet, auch der Pluspol der Anodenspannungsquelle muß geerdet sein. Dieser Umstand ist beim Einbau der Elektrolytkondensatoren im Netzteil besonders zu beachten (Pluspol an Masse!). Im Anodenstromweg liegt ein Drehspulmeßwerk mit 5 mA Vollausschlag; es kann über einen Schalter wahlweise mit Rp geshuntet werden, womit der Meßbereich im Bedarfsfalle auf 50 mA Vollausschlag zu erhöhen ist. Die Heizung der GA 560 erfolgt über einen gesonderten kleinen Netztransformator, der sekundärseitig genau 1,9 V Wechselspannung abgeben muß. Die Heizfäden sind sorgfältig verblockt und verdrosselt. Es werden Durchführungskondensatoren und breitbandige HF-Drosseln verwendet. Letztere sind am zweckmäßigsten auf ein Kernmaterial hoher Permeabilität aufzuwickeln. Kürzeste Leitungsführung bei großen Drahtquerschnitten im Heizkreis ist zu fordern; es fließt ein maximaler Heizstrom von knapp 2 A. Primärseitig wird in die Zuführung zum Heiztransformator ein Drehwiderstand 3 kOhm 10 W eingefügt, der die Veränderung der Heizspannung und damit des Diodenstromes gestattet. Dieser Regler führt Netzspannung; auf Berührungssicherheit ist deshalb besonderer Wert zu legen (isolierte

Achse!). Im Anodenkreis der GA 560 finden wir wieder R_A und L. Für diese Bauteile gelten die gleichen Ausführungen, wie sie bereits beim Rauschgenerator mit Siliziumdiode gemacht wurden. Die Spule L kann bei etwas geringeren Ansprüchen an die Meßgenauigkeit in beiden Fällen weggelassen werden. Sie dient dazu, die Blindkomponente der Dioden zu kompensieren.

Das Netzteil des Rauschgenerators darf natürlich gewisse Abwandlungen erfahren. So können wir an Stelle des Selengleichrichters in Einwegschaltung auch einen solchen in Grätzschaltung oder eine Gleichrichterröhre verwenden. Der Einsatz eines handelsüblichen Netztransformators ist ebenfalls möglich, wenn gleichzeitig ein Stabilisator für 110 bis 140 V Brennspannung vorgesehen wird, der die Anodenspannung innerhalb der vorgeschriebenen Grenzen, zwischen 100 und 150 V, hält. Die Heizspannung kann auch auf der Sekundärseite des Heiztransformators geregelt werden; das scheitert jedoch meist daran, daß ein Drehwiderstand mit dem erforderlichen kleinen Widerstandswert kaum zu beschaffen ist. Wird die Primärseite des Heiztransformators mit mehreren Anzapfungen versehen und gleichzeitig der Wert des Drehwiderstandes auf 1000 Ohm herabgesetzt, so kann man damit eine feinere Regelmöglichkeit für den Diodenstrom schaffen.

Die Rauschdiode selbst darf nicht unmittelbar abgeschirmt werden; durch geeignete Anordnung der Bauteile ist jedoch dafür zu sorgen, daß die Netztransformatoren nicht auf die Diode und deren anodenseitige Schaltelemente koppeln können.

2.21 Empfindlichkeitsmessungen mit dem Rauschgenerator

Um die kT_0-Zahl eines beliebigen UKW-Empfängers zu ermitteln, wird zunächst bei ausgeschaltetem Rauschgenerator das Eigenrauschen des Empfangsgerätes an der Anode der letzten ZF-Verstärkerröhre gemessen. Dazu benötigen wir ein Röhrenvoltmeter mit HF-Tastkopf. Die festgestellte, im Empfänger selbst entstehende Rauschspannung wird notiert.

Nun schaltet man den Rauschgenerator ein und regelt seine Heizspannung mit dem Drehwiderstand sehr feinfühlig so weit auf, bis die am Röhrenvoltmeter angezeigte Rauschspannung auf den 1,41fachen Wert angestiegen ist. Dieses Rauschspannungsverhältnis von 1 : 1,41 bedeutet, daß die dem Empfänger durch den Rauschgenerator zugeführte Rauschleistung gleich der inneren Rauschleistung des Empfangsgerätes ist. Am ZF-Ausgang wirkt daher die doppelte Rauschleistung, die zu gleichen Teilen vom Empfänger selbst und vom Rauschgenerator geliefert wird. Das Leistungsverhältnis beträgt demnach 2 : 1, entsprechend einem Spannungsverhältnis von $\sqrt{2} : 1 = 1{,}41 : 1$ oder 3 dB. Jetzt wird am Meßinstrument des Rauschgenerators festgestellt, welcher Diodenstrom fließt, wenn gleichzeitig die 1,41fache Rauschspannung am Empfängerausgang vorhanden ist, und nun kann die Rauschzahl F in kT_0 nach folgender Formel errechnet werden:

$$F = 0{,}02 \cdot I_D \cdot R_A$$

(I_D = Diodenstrom des Rauschgenerators in mA; R_A = Eingangsimpedanz des Empfängers entsprechend R_A des Rauschgenerators in Ohm).

Der prinzipielle Meßvorgang bedarf jedoch, um Fehlmessungen zu vermeiden, einiger praktischer Erläuterungen. Die Blockschaltung, Bild 9, zeigt die Meßanordnung. Links

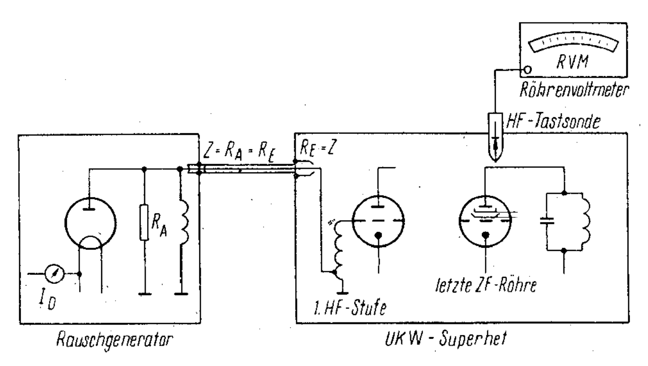


Bild 9. Blockschaltung und Meßanordnung eines Rauschgenerators an einem UKW-Empfänger

sehen wir unseren Rauschgenerator, der über ein Stück Koaxialkabel an den Eingang des UKW-Empfängers angeschlossen wird. Zu beachten ist, daß der Abschlußwiderstand R_A gleich dem Wellenwiderstand Z des Koaxialkabels sein muß. Auch der Eingangswiderstand R_E des Empfängers ist an den Wellenwiderstand Z des Verbindungskabels angepaßt. Die meisten UKW-Amateure verwenden Koaxialkabel mit einem Wellenwiderstand von 60 Ohm für die Antennenspeisung. In diesem Falle wird R_A im Rauschgenerator mit 60 Ohm bemessen und als Verbindungsleitung ein Stück 60-Ohm-Koaxialkabel verwendet. Andere Wellenwiderstände des Antennenkabels bedingen natürlich einen entsprechend anderen Abschlußwiderstand als R_A.
Die Messung der Rauschspannung an der Anode der letzten ZF-Verstärkerröhre erfordert ein Röhrenvoltmeter mit HF-Tastsonde, wie beispielsweise den Typ 187 des VEB Funkwerk Erfurt. Die geringe Verstimmung des ZF-Kreises, die beim Anschluß der Tastsonde auftritt, kann durch einen Nachgleich des anodenseitigen ZF-Kreises korrigiert werden. Nach Abschluß der Messung muß natürlich die ursprüngliche Resonanzabstimmung des ZF-Kreises wiederhergestellt werden. Die automatische Schwundregelung des Empfängers wird für die Dauer des Meßvorganges abgeschaltet. Weiterhin ist darauf zu achten, daß in keiner Stufe des Empfängers eine Selbsterregung auftritt.
Durch entsprechende Einstellung des HF-Lautstärkereglers bringt man die innere Rauschspannung des Empfängers auf einen am Röhrenvoltmeter gut ablesbaren Wert. An dieser Empfängereinstellung darf nun nichts mehr verändert werden. Es wird lediglich noch der Rauschgenerator eingeschaltet und – unter Beachtung des Röhrenvoltmeter-Ausschlages – dessen Drehwiderstand so weit aufgeregelt, bis der 1,41fache Wert der ursprünglichen Rauschspannung am Röhrenvoltmeter abzulesen ist. Aus dem Diodenstrom des Rauschgenerators ergibt sich dann unter Berücksichtigung von R_A die Rauschzahl des untersuchten Empfängers. Sie kann aus dem Diagramm Bild 10 direkt abgelesen werden. Entsprechend den Wellenwiderständen der meistverwendeten Antennenkabel ist das Diagramm für einen R_A von 52 Ohm, 60 Ohm und 70 Ohm ausgelegt.

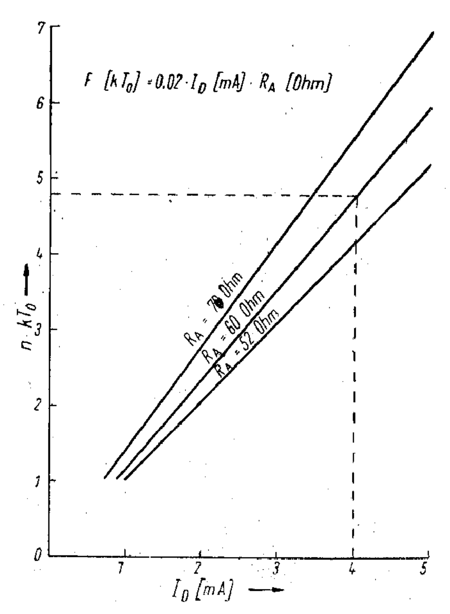


Bild 10. Diagramm zum Ablesen der Rauschzahl

Beispiel:

Ein UKW-Empfänger ist für den Anschluß eines Antennenkabels von 60 Ohm Wellenwiderstand vorgesehen. Zum Messen mit dem Rauschgenerator beträgt dessen R_A deshalb ebenfalls 60 Ohm. Die 1,41fache Rauschspannung am ZF-Ausgang des Empfängers möge sich beispielsweise bei einem Diodenstrom I_D des Rauschgenerators von 4 mA einstellen. Aus Bild 10 können wir nun bei einem Diodenstrom von 4 mA und einem R_A von 60 Ohm eine Empfindlichkeit von 4,8 kT_0 ermitteln (Beispiel eingezeichnet).

Im allgemeinen dürfte die Rauschzahl brauchbarer Amateur-UKW-Empfänger kaum schlechter als 4 kT_0 sein, so daß der Meßbereich der Diodenstrom-Anzeige mit 5 mA ausreichend ist. Durch Umschaltung des Milliamperemeters auf den 50-mA-Bereich können auch sehr unempfindliche Emp-

fänger mit einer Rauschzahl bis zu etwa 60 kT_0 gemessen werden.
Nicht immer steht ein geeignetes Röhrenvoltmeter mit HF-Tastkopf für die Rauschspannungsmessung an der letzten ZF-Stufe zur Verfügung. Wir kommen aber auch ohne Schwierigkeiten mit einer einfacheren Meßanordnung aus, wenn nicht die ZF-Rauschspannung, sondern die NF-Rauschspannung am Empfängerausgang gemessen wird. Zu diesem Zweck überbrücken wir die anodenseitige Wicklung des Empfänger-Ausgangsübertragers mit einem Widerstand, dessen Wert der Impedanz dieser Wicklung entspricht. Brauchbare Mittelwerte liegen bei 5 bis 10 kOhm. Die an der Sekundärseite des Übertragers angeschlossenen Verbraucher (Kopfhörer, Lautsprecher) werden abgeklemmt, so daß diese Wicklung frei bleibt. Parallel zur Primärseite des Ausgangsübertragers kann nun mit einem Wechselspannungs-Voltmeter die NF-Spannung gemessen werden.
Eine sehr praktische Meßeinrichtung für die NF-Ausgangsspannung zeigt Bild 11. An die Endröhre des Empfängers

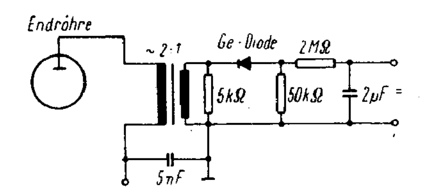


Bild 11. Meßeinrichtung für die NF-Ausgangsspannung

wird ein Anpassungstransformator angeschlossen, der primärseitig für die Impedanz der Endröhre dimensioniert ist und ein Übersetzungsverhältnis von etwa 2 : 1 aufweist. Parallel zur Sekundärwicklung liegt ein Belastungswiderstand von 5 kOhm. Eine Germaniumdiode richtet die NF-Spannung gleich. Nach erfolgter Glättung kann mit Hilfe eines normalen, aber möglichst hochohmigen Gleichspannungsinstrumentes die Ausgangsspannung festgestellt werden. Wir setzen die Schwundregelung und einen eventuell vorhandenen Störbegrenzer außer Betrieb. Der Telegrafie-Überlagerer (BFO) wird eingeschaltet, da dessen HF-Spannung eine Ver-

schiebung der Demodulations-Kennlinie in dem linearen Teil bewirkt. Der NF-Lautstärkeregler wird weit aufgedreht und mit dem HF-Regler die am Meßinstrument ablesbare Rauschspannung auf einen Wert von etwa 5 V gebracht. Von dieser Bezugsspannung ausgehend, erhöht man mit dem Rauschgenerator diese auf den 1,41fachen Wert – also 7,05 V – und errechnet, wie beschrieben, die Rauschzahl.

Extrem günstige Rauschzahlen, die sich aus einer solchen Messung ergeben, sind zu überprüfen, da sie meist die Folge irgendwelcher Fehlmessungen darstellen. Wir müssen uns immer vor Augen halten, daß das vom Rauschgenerator gelieferte Rauschspektrum außerordentlich breit liegt und unter anderem auch auf der Spiegelfrequenz und der Zwischenfrequenz mit gleicher Stärke vorhanden ist wie auf der Eingangsfrequenz. Bei Empfängern mit geringer Spiegelfrequenzselektion gelangt auch ein gewisser Rauschbeitrag über die Spiegelfrequenz in den Empfänger und addiert sich zur Eingangs-Rauschspannung. Infolgedessen wird oft eine erstaunlich günstige Rauschzahl des Empfängers errechnet, die aber leider dem tatsächlichen Wert nicht entspricht. Als Anhaltspunkt möge deshalb dienen, daß eine Empfindlichkeit von 2,5 kT_0 bei den heute üblichen Schaltungen und Eingangsröhren bereits einen selten erreichten, hervorragenden Wert darstellt.

Der numerische Wert der Rauschzahl ist für den Amateur erst in zweiter Linie von Bedeutung. Wichtiger ist die Tatsache, daß es der Rauschgenerator ermöglicht, dem UKW-Empfänger ein Höchstmaß an Empfindlichkeit zu entlocken. Das geschieht, indem durch den Rauschgenerator dem Empfängereingang ein Rauschpegel zugeführt wird, der deutlich wahrnehmbar stärker ist als das innere Rauschen des Empfängers allein. Wir versuchen dann durch einen Abgleich, der zweckmäßig beim Empfängereingang beginnt, den Rauschpegel zu erhöhen. Gelingt dies, so wird der Diodenstrom des Generators nach und nach zurückgenommen, bis bei kleinstmöglichem Diodenstrom des Rauschgenerators noch ein deutlicher Rauschanstieg gegenüber dem inneren Rauschen des Empfängers festzustellen ist. Der gesamte Abgleichvorgang wird so lange wiederholt, bis keine weitere Verbesserung mehr zu erzielen ist. Dann muß durch probe-

weises Ausschalten des Rauschgenerators kontrolliert werden, ob sich durch diese Maßnahme auch das Rauschen hörbar verringert. Beim Fehlen eines geeigneten Meßinstrumentes können wir den Rauschanstieg auch ganz einfach akustisch im Kopfhörer feststellen. Selbstverständlich genügt für diese relativen Messungen zum Zwecke des optimalen Empfängerabgleiches auch der beschriebene Siliziumdioden-Rauschgenerator.

3. BAUELEMENTE FÜR UKW-GERÄTE

Ein fortschrittlicher Amateur, der den Sprung von den kurzwelligen Amateurbändern zum ultrakurzwelligen 2-m-Band wagt, wird bald feststellen, daß seine bisher gesammelten Erfahrungen nur noch in begrenztem Umfang Gültigkeit haben. Es treten Erscheinungen auf, die scheinbar im Widerspruch zu den Gesetzen der Wechselstromtechnik stehen. Selbst von erfahrenen Kurzwellenamateuren aufgebaute UKW-Geräte versagen oft in rätselhafter Weise ihren Dienst. Wir wollen von vornherein Fehlschläge und Enttäuschungen weitgehend vermeiden und müssen uns deshalb über das Verhalten von Bauteilen im UKW-Bereich ein klares Bild machen.

3.1 Die Verdrahtung

Die Forderung, ein Blick in die Verdrahtung eines HF-technischen Gerätes solle auch ästhetischen Ansprüchen genügen, ist bei UKW-Geräten nur selten zu erfüllen. Im HF-Teil eines Gerätes für ultrakurze Wellen muß sich immer die Schönheit der Zweckmäßigkeit unterordnen, da andernfalls die einwandfreie Funktion der Schaltung in Frage gestellt ist. Unser Denken in der Sphäre der VHF-Technik muß also schon beim primitivsten Bauteil, dem Schaltdraht, beginnen.
Jedes Stückchen Leitung besitzt eine – wenn auch geringe – Selbstinduktion. Diese Tatsache spielt im Bereich der Kurzwellen keine besonders große Rolle, obwohl auch dort auf kürzeste Leitungsführung zu achten ist. Dagegen kann sich

bereits ein Leiterstückchen von 2 cm Länge in einem UKW-Gerät sehr unangenehm auswirken. Die Induktivität eines solchen geraden Schaltdrähtchens liegt bei $2 \cdot 10^{-8}$ Hy (= 20 nH), dieser Wert entspricht bei einer Frequenz von 150 MHz einem induktiven Widerstand von knapp 19 Ohm. Dazu kommt der durch den Skin-Effekt hervorgerufene Verlustwiderstand, denn mit steigender Frequenz werden die Elektronen immer mehr zur Leiteroberfläche gedrängt. So beträgt z. B. die Eindringtiefe des HF-Stromes auf einem kupfernen Leiter bei einer Frequenz von 100 MHz weniger als $^1/_{100}$ mm. Das bedeutet, daß bei sehr hohen Frequenzen nur noch ein verschwindend kleiner Bruchteil des Leiterquerschnittes – nämlich dessen Oberfläche – für den HF-Transport genutzt wird.
Aus diesen Tatsachen ergibt sich für die Verdrahtung im HF-Teil eines UKW-Gerätes eine grundsätzliche Forderung: Kürzeste Leitungsführung anstreben! Möglichst nicht mit Schaltdraht, sondern mit den Einzelteilen selbst schalten! Dort, wo kurze Leitungen unumgänglich sind, werden starke Schaltdrähte, Kupferrohre oder Kupferbänder verwendet, die zwecks bester Oberflächenleitfähigkeit versilbert sein sollten. Ein dünner Leiter besitzt gegenüber einem gleichlangen, aber großflächigen Leiter sowohl größere Verluste durch den Skin-Effekt als auch einen größeren induktiven Widerstand. Vorsicht, verzinnte Schaltdrähte sehen versilberten oft täuschend ähnlich, besitzen aber eine viel schlechtere Oberflächenleitfähigkeit als Kupferblankdrähte!
Aber nicht nur die Verlustwiderstände von Leitungen zwingen zu extrem kurzen Verbindungen. Durch die Annäherung an Bauteile, das Chassis oder andere Schaltleitungen treten unübersichtliche Kapazitäten und verwickelte Kopplungen auf, es können sich Schwingkreise für die verschiedensten Resonanzfrequenzen bilden, so daß im Endeffekt dadurch oft die gute Funktion des ganzen Gerätes in Frage gestellt ist.

3.2 UKW-Spulen

Die an Leiterdurchmesser und Oberflächenleitfähigkeit der Verdrahtung gestellte Forderung gilt gleichermaßen auch für die UKW-Spulen. Darüber hinaus ist beim Herstellen

von Schwingkreisspulen besonders darauf zu achten, daß deren Eigenkapazität möglichst gering bleibt. Die kleinen Querkapazitäten zwischen den einzelnen Spulenwindungen bilden in ihrer Gesamtheit die Eigenkapazität der Spule. Wir wickeln deshalb unsere Schwingkreisspulen mit einem Abstand zwischen den Windungen. Dieser Abstand wird in der Praxis etwa gleich dem Durchmesser des verwendeten Leitermaterials gehalten. Erheblichen Einfluß auf die Eigenkapazität der Spule nimmt außerdem der Wicklungsträger. Gleichgültig, aus welchem Isoliermaterial der Spulenkörper besteht, seine Dielektrizitätskonstante ist immer > 1. Das bedeutet ein Ansteigen der Spulenkapazität und der Verluste. Da Luft die geringste Dielektrizitätskonstante besitzt, verwenden wir nach Möglichkeit freitragende Luftspulen.

Weiterhin ist es notwendig, die schädliche Raumkapazität, die die Spule gegenüber den Abschirmwänden und anderen Bauteilen einnimmt, so klein wie möglich zu halten. Das kann durch einen großen Abstand der Spule von den übrigen Bauelementen geschehen, doch ist dieser Weg aus Platzgründen in der Praxis meist nicht gangbar. Wir bevorzugen deshalb UKW-Spulen mit kleinem Durchmesser. Sie besitzen ein geringes Streufeld, sind also bei Annäherung an andere Bauteile nicht so kritisch. Als günstig erweisen sich Spulen, bei denen das Verhältnis Spulenlänge zu Spulendurchmesser etwa 1 : 1 bis 2 : 1 beträgt. UKW-Drosseln dagegen sollen eine gewisse Breitbandigkeit besitzen; für sie wird deshalb ein Längen-Durchmesser-Verhältnis von 4 : 1 bis 8 : 1 gewählt, wobei die Windungen ohne gegenseitigen Abstand auf den Spulenkörper aufgebracht werden.

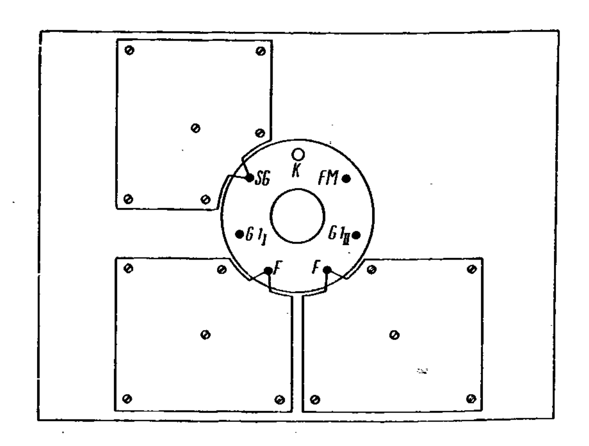
3.3 Kondensatoren

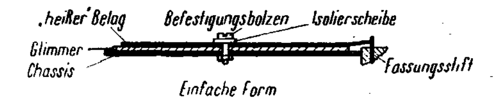
Jeder Kondensator hat neben seiner kennzeichnenden Kapazität auch eine mehr oder weniger große und unerwünschte Induktivität. Mit steigender Frequenz verringert sich der kapazitive Widerstand eines beliebigen Kondensators, während gleichzeitig sein induktiver Widerstand wächst. Bei einer bestimmten Frequenz wird der kapazitive Widerstand gleich dem induktiven, das heißt, der Kondensator ist zu

einem Resonanzkreis geworden. Wird die anliegende Frequenz weiter erhöht, so überwiegt der induktive Anteil gegenüber dem kapazitiven, und der Kondensator wirkt wie eine Induktivität. Die Verwendbarkeit eines Kondensators im VHF-Gebiet ist durch dessen Eigeninduktivität begrenzt. Erfreulicherweise steht uns heute eine reiche Auswahl an keramischen Kleinkondensatoren zur Verfügung, die speziell für den Einsatz in UKW-Geräten entwickelt wurden und den Anforderungen der UKW-Technik weitgehend genügen. Eine besonders geringe Eigeninduktivität besitzen die keramischen Scheibenkondensatoren. Sie sind immer dort zu verwenden, wo Hochfrequenz zum Massepotential abgeleitet – „abgeblockt" – werden soll. Die Wirkung eines solchen Kondensators wird natürlich illusorisch, wenn wir ihn über lange Zuleitungen anschließen, da diese die Induktivität erhöhen. Solche Kondensatoren im UKW-Gebiet sollen unbedingt über extrem kurze Leitungsstummel in die Schaltung eingelötet werden. Während des Lötvorganges ist für eine gute Wärmeableitung vom Kondensator zu sorgen, indem das Anschlußdrähtchen mit einer Flachzange festgehalten wird.

In manchen Fällen ist die Verwendung sogenannter Durchführungskondensatoren zweckmäßig. Sie sind als Röhrchenkondensatoren ausgebildet, deren Außenbelag mit einer ringförmigen Scheibe verbunden ist. Dadurch kann der Außenbelag direkt und großflächig mit dem Chassis verbunden werden, und die Zuleitungsinduktivität sinkt auf ein Mindestmaß. Eine ähnlich gute Wirkung als Entkopplungskondensatoren haben sogenannte „Klatschen", die vorzugsweise in der kommerziellen UKW-Sendetechnik Verwendung finden. Der UKW-Amateur sollte sich beim Bau seines Senders ebenfalls dieser sehr brauchbaren und billigen Entkopplungskondensatoren bedienen. Es wird eine Kupferplatte unter Zwischenlage einer isolierenden Glimmerscheibe oder Polystyrolfolie direkt auf das metallene Aufbauchassis geschraubt.

Bild 12 zeigt, wie z. B. an der Fassung einer UKW-Doppeltetrode SRS 4451 Heizfäden und Schirmgitter durch selbsthergestellte „Klatschkondensatoren" HF-mäßig entkoppelt werden. Die Befestigungsbolzen, die den Kondensator zu-





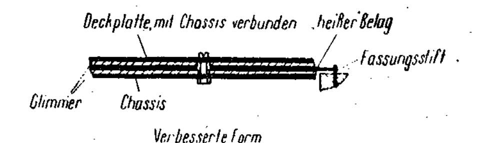


Bild 12. „Klatschkondensator"

sammenhalten, müssen natürlich vom „heißen" Belag isoliert sein, da andernfalls der Kondensator kurzgeschlossen würde. Aus elektrischen und mechanischen Gründen sollte man die skizzierte, verbesserte Form mit Deckplatte bevorzugen. Größere Kapazitätswerte werden durch „Aufstocken" der „Klatschen" erzielt. Für Entkopplungszwecke sind im 2-m-Band Kapazitäten von 500 pF völlig ausreichend, da der Wechselstromwiderstand eines solchen Kondensators im 2-m-Band nur noch etwa 2 Ohm beträgt. Eine einfache Nähe-

rungsformel für die Berechnung des Wechselstromwiderstandes eines Kondensators im 2-m-Band lautet:

$$R_C\,[\mathrm{Ohm}] = \frac{1060}{C\,[\mathrm{pf}]}.$$

Bei Entkopplungskondensatoren sind die entstehenden dielektrischen Verluste meist von untergeordneter Bedeutung. Bei Schwingkreiskapazitäten spielen sie jedoch eine erhebliche Rolle. Weiterhin ist von einem Schwingkreiskondensator ein geringer Temperaturgang zu fordern. Das heißt, der Sollwert der Kapazität darf sich bei Temperaturschwankungen nur sehr wenig oder gar nicht verändern. Diesen Forderungen genügen Kondensatoren mit Luftdielektrikum. Leider besitzen diese Luftblocks jedoch meist eine große räumliche Ausdehnung und daher auch ein umfangreiches Streufeld, das wiederum Verluste verursacht. Nur selten sind ausgesprochene Miniaturausführungen von Luftkondensatoren greifbar. Allerdings bieten die verhältnismäßig billigen und auch im UKW-Gebiet noch sehr gut brauchbaren keramischen Festkondensatoren bei geschickter Auswahl einen vollwertigen Ersatz für Luftkondensatoren. Wegen ihrer kleinen Abmessungen sind sie den Luftkondensatoren in der Praxis sogar überlegen.
Der UKW-Amateur verwendet hauptsächlich Scheiben- und Röhrchenkondensatoren. Bei den zuletzt genannten Kondensatoren ist darauf zu achten, daß der meist durch eine Strichmarkierung gekennzeichnete Außenbelag stets am „kalten Ende“ des Kreises oder am Nullpotential liegt. Die Bauform mit breiten Anschlußlaschen ist zu bevorzugen. Werden keramische Kondensatoren mit Anschlußdrähten verwendet, so sind diese beim Einbau so stark wie möglich zu verkürzen. Dabei ist darauf zu achten, daß der Kondensator durch übermäßige Hitzeeinwirkung beim Löten nicht beschädigt wird. Gewisse Typen von Kondensatoren sind nicht gleichspannungsfest und sollen deshalb nur dort eingesetzt werden, wo kein Gleichspannungspotential zwischen beiden Belagen vorhanden ist. Es handelt sich um die keramischen Ausführungen nach DIN 41375 (Hescho Condensa C, Kennfarbe hellblau), die nur für Wechselspannungen vorgesehen sind und deren Einsatz in frequenzbestimmenden Kreisen des UKW-Gebietes wegen des stark

negativen Temperaturkoeffizienten kaum in Frage kommt. Der entsprechende Werkstoff nach DIN 41375 wird bei uns jetzt nicht mehr produziert; das neue Condensa F nach DIN 41376 trägt eine dunkelblaue Kennfarbe und ist gleichspannungsfest.

Für Schwingkreise sind die sogenannten „HD-Kondensatoren" mit dunkelbrauner Kennfarbe (Hescho: Epsilan) abzulehnen. Sie besitzen einen hohen negativen Temperaturkoeffizienten, dessen Verlauf nicht linear ist, sondern von der anliegenden Frequenz und der Feldstärke stark beeinflußt wird. Epsilankondensatoren werden grundsätzlich nur für Entkopplungszwecke verwendet. Alle Arten von Wickelkondensatoren, mögen sie auch als induktivionsfrei und dämpfungsarm bezeichnet werden, haben im HF-Teil eines UKW-Gerätes nichts zu suchen.

Um die Auswahl der für den jeweiligen Verwendungszweck besonders geeigneten Kondensatoren zu erleichtern, sollen auf S. 54 die kennzeichnenden Eigenschaften der Dielektrika des VEB Keramische Werke Hermsdorf näher erläutert werden:

Aus der Zusammenstellung läßt sich erkennen, daß durch die Kombination von keramischen Kondensatoren entsprechender Dielektrika leicht Kapazitäten mit einem Temperaturgang von ± 0 hergestellt werden können. Sehr häufig wird an Schwingungskreisen mit negativem oder positivem Temperaturbeiwert eine Temperaturkompensation erreicht, indem man durch sinnvollen Einsatz keramischer Kondensatoren den Temperaturgang der übrigen Bauelemente kompensiert.

Rohrkondensatoren werden als Standardtype in der Form Rd mit Drahtenden (Bild 13 a) und in der Form Rf mit Anschlußfahnen (Bild 13 b) hergestellt. Die Nennspannungen für diese Rohrkondensatoren betragen 500 V = /350 V∾ und 700 V = /500 V∾.

Sehr beliebt in UKW-Empfängern sind die raumsparenden Miniaturkondensatoren mit Drahtenden (Bild 14). Sie besitzen einen Durchmesser von nur 3 mm, ihre Länge schwankt je nach Kapazitätswert zwischen 8 und 20 mm. Die Nennspannung beträgt 160 V. Aus der folgenden Aufstellung sind

Werkstoff:	Calit	Tempa S	Tempa S 1	Tempa X	Condensa N	Condensa F
Abgekürzte Bezeichnung	Ci	ST	ST 1	XT	NCo	FCo
Kennfarbe	rot	orange	orange mit dickem Punkt	dunkelgrün	gelb	dunkelblau
Werkstoff nach DIN	41370	41371	41371	41373	41374	41375
Dielektrizitätskonstante ε des Werkstoffes	$\approx$ 6,5	$\approx$ 14	$\approx$ 19	$\approx$ 30	$\approx$ 80	$\approx$ 40
Temperaturbeiwert in $10^{-6}/°C$	+90 bis +160	+30 bis +100	– 20 bis –60	–150 bis –300	–360 bis –480	–680 bis –860
Verlustfaktor $\tan \delta \cdot 10^3$ (1 MHz und 20° C)	= 0,8	= 0,4	= 0,4	= 0,8	= 1,5	= 1,0

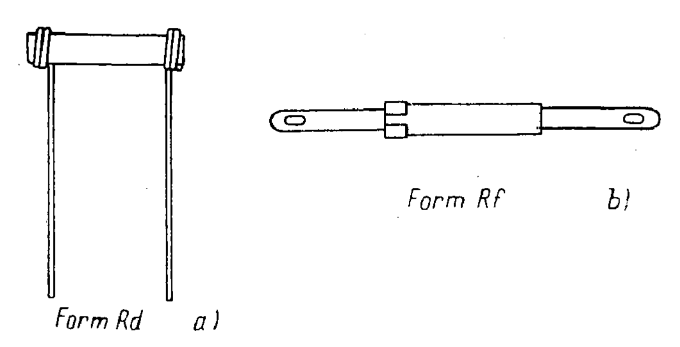


Bild 13. Rohrkondensator. a) mit Drahtenden; b) mit Anschlußfahnen

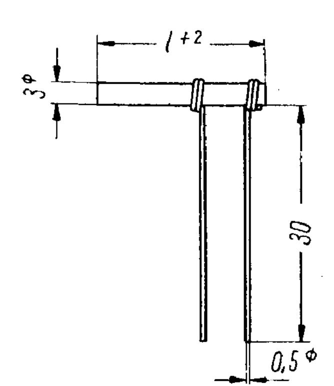


Bild 14. Miniaturkondensatoren mit Drahtenden

die Abmessungen und Typennummern der vom Dielektrikum abhängigen Nennkapazitäten zu entnehmen.

Miniaturkondensatoren

Dielektrikum:	Länge (mm)	Nennkapazitäten (pF)			Typen-Nr.
Calit (rot)	8	4	6		RKo 1930
Calit (rot)	8	8	10	12	RKo 1931
Calit (rot)	12	16	20		RKo 1932
Calit (rot)	16	25	30		RKo 1933

Dielektrikum:	Länge (mm)	Nennkapazitäten (pF)					Typen-Nr.
Calit (rot)	20	40					RKo 1934
Tempa S und S 1 (orange)	8	6	8	10	12	15	RKo 1935
Tempa S und S 1 (orange)	8	20	25				RKo 1936
Tempa S und S 1 (orange)	12	30	40				RKo 1937
Tempa S und S 1 (orange)	16	50					RKo 1938
Tempa S und S 1 (orange)	20	60					RKo 1939
Tempa X (dunkelgrün)	8	30					RKo 1940
Tempa X (dunkelgrün)	8	40	50				RKo 1941
Tempa X (dunkelgrün)	12	60	80				RKo 1942
Tempa X (dunkelgrün)	16	100	120				RKo 1943
Tempa X (dunkelgrün)	20	160					RKo 1944
Condensa F (dunkelblau)	8	50	60	80			RKo 1945
Condensa F (dunkelblau)	8	100	120				RKo 1946
Condensa F (dunkelblau)	12	140	160	200			RKo 1947
Condensa F (dunkelblau)	16	250	300				RKo 1948
Condensa F (dunkelblau)	20	400					RKo 1949

Die häufig vom UKW-Amateur gebrauchten sehr kleinen Kapazitätswerte stehen in der Form von Scheibenkondensatoren zur Verfügung (Bild 15). Der Scheibendurchmesser liegt zwischen 5 und 12 mm, die Nennspannung beträgt bei allen Typen 500 V –/ 350 V ~. Die feine Abstufung der kleinen Kapazitätswerte erleichtert die Temperaturkompensation von UKW-Schwingungskreisen. Außerdem weist die Scheibenform eine besonders geringe Eigeninduktivität auf. Die Scheibenkondensatoren tragen meist einen

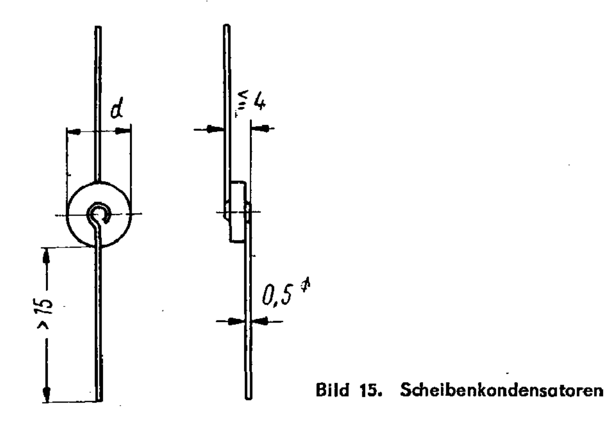


Bild 15. Scheibenkondensatoren

verkürzten Aufdruck, bestehend aus einer Zahl, die die Kapazität kennzeichnet, und einem Kennbuchstaben für die Kapazitätstoleranz. Die Farbe des Lacküberzuges gibt das Dielektrikum an. Die Scheibenkondensatoren werden mit Kapazitätstoleranzen von ± 5 Prozent (Kennbuchstabe J), ± 10 Prozent (Kennbuchstabe K) und ± 20 Prozent (Kennbuchstabe M) hergestellt. Die folgende Aufstellung vermittelt die Nennkapazitäten und dazugehörigen Typen-Nummern von Scheibenkondensatoren des VEB Keramische Werke Hermsdorf.

Scheibenkondensatoren

Dielektrikum:	Durchmesser (mm)	Nennkapazität (pF)	Typen-Nr.	Nennkapazität (pF)	Typen-Nr.
Calit (rot)	5	0,6	VsKo 0345		
Calit (rot)	8	1	VsKo 0346	1,2	VsKo 0347
Calit (rot)	8	1,5	VsKo 0348		
Calit (rot)	12	2	VsKo 0349	2,5	VsKo 0350
Calit (rot)	12	3,2	VsKo 0351	4	VsKo 0352
Tempa S und S 1 (orange)	5	1	VsKo 0353	1,2	VsKo 0354
Tempa S und S 1 (orange)	5	1,6	VsKo 0355		
Tempa S und S 1 (orange)	8	2	VsKo 0356	2,5	VsKo 0357
Tempa S und S 1 (orange)	8	3,2	VsKo 0358	4	VsKo 0359
Tempa S und S 1 (orange)	12	5	VsKo 0360	6	VsKo 0361
Tempa S und S 1 (orange)	12	8	VsKo 0352	10	VsKo 0363
Tempa X (dunkelgrün)	5	2	VsKo 0364	2,5	VsKo 0365
Tempa X (dunkelgrün)	5	3,2	VsKo 0366		
Tempa X (dunkelgrün)	8	4	VsKo 0367	5	VsKo 0368
Tempa X (dunkelgrün)	8	6	VsKo 0369	8	VsKo 0370
Tempa X (dunkelgrün)	12	10	VsKo 0371	12	VsKo 0372
Tempa X (dunkelgrün)	12	16	VsKo 0373	20	VsKo 0374
Condensa N (gelb)	5	2,5	VsKo 0375	3,2	VsKo 0376
Condensa N (gelb)	5	4	VsKo 0377		
Condensa N (gelb)	8	5	VsKo 0378	6	VsKo 0379
Condensa N (gelb)	8	8	VsKo 0380	10	VsKo 0381
Condensa N (gelb)	12	12	VsKo 0382	16	VsKo 0383
Condensa N (gelb)	12	20	VsKo 0384	25	VsKo 0385
Condensa F (dunkelblau)	5	5	VsKo 0386	6	VsKo 0387
Condensa F (dunkelblau)	5	8	VsKo 0388	10	VsKo 0389
Condensa F (dunkelblau)	8	12	VsKo 0390	16	VsKo 0391
Condensa F (dunkelblau)	8	20	VsKo 0392	25	VsKo 0393
Condensa F (dunkelblau)	12	32	VsKo 0394	40	VsKo 0395
Condensa F (dunkelblau)	12	50	VsKo 0396	60	VsKo 0397

Für Entkopplungszwecke in UKW-Geräten werden fast ausschließlich die „HD-Kondensatoren" (HD = hohe Dielektrizitätskonstante) verwendet. Das Angebot ist sehr mannigfaltig, so daß für jeden Zweck eine besonders geeignete Bauform ausgewählt werden kann. Nachfolgend eine Auswahl keramischer Entkopplungskondensatoren aus dem Programm des VEB Keramische Werke Hermsdorf, bei denen als Dielektrikum ausnahmslos der Werkstoff Epsilan 5000 (Kennfarbe braun) Verwendung findet.

Rohrkondensatoren

	Typen-Nr.	Nennkapazität (pF)	Nennspannung (V)	Abmessungen (mm)
Form Rd	RKo 2055	3000	350 –	3 × 12
(s. Bild 13a)	RKo 2058	2000	500 –	3 × 12
	RKo 2061	2000	700 –	4 × 12
Rohrkondensatoren	RKo 2035	4000	350 –	4 × 12
Form Rf (s. Bild 13b)	RKo 2040	2000	700 –	4 × 12
Miniaturkondensatoren	RKo 2109	3000	160 –	3 × 8
(s. Bild 14)	RKo 2114	2000	250 –	3 × 8
Scheibenkondensatoren	VsKo 0331	500	350 –	5 ⌀
(s. Bild 15)	VsKo 0463	500	500 –	5 ⌀
	VsKo 0324	1000	350 –	8 ⌀
	VsKo 0464	1000	500 –	8 ⌀
	VsKo 0320	2000	350 –	12 ⌀
	VsKo C465	2000	500 –	12 ⌀
Mehrfachscheiben-	VsKo 0459	2 × 500	350 –	12 ⌀
kondensatoren	VsKo 0405	2 × 900	350 –	12 ⌀
(s. Bild 16)	VsKo 0406	2 × 1300	350 –	12 ⌀
Rohrkondensator aufschraubbar (s. Bild17)	RKo 2120	3000	350 –	4 × 12

Ein sehr praktisches Bauteil stellen die Durchführungskondensatoren dar. Überall dort, wo es darauf ankommt, einzelne Baugruppen hochfrequenzdicht abzuschirmen, werden Durchführungskondensatoren zur Entkopplung der aus der Baugruppe herausführenden Leitungen vorteilhaft verwendet. Im

allgemeinen sollen Durchführungskondensatoren eine große Nennkapazität besitzen; man nimmt deshalb den Werkstoff Epsilan 5000 als Dielektrikum. Für Sonderfälle gibt es jedoch auch Ausführungen mit kleinen Nennkapazitäten, bei denen als Dielektrikum die Werkstoffe Calit, Tempa S und Tempa X Verwendung finden. Mitunter soll auch bei der hochfrequenten Entkopplung von Leitungen der große Verlustfaktor sowie der außerordentlich hohe Temperaturbeiwert

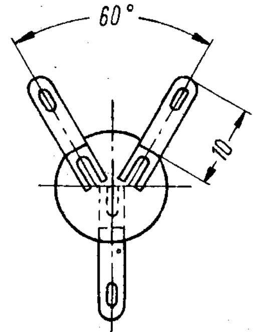


Bild 16. Mehrfachscheibenkondensatoren

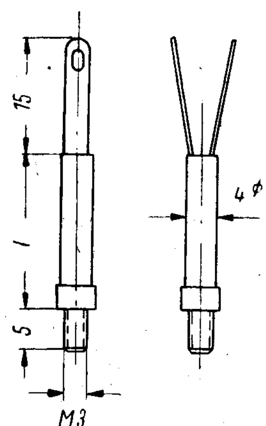


Bild 17. Aufschraubbare Rohrkondensatoren

der HD-Kondensatoren vermieden werden. Dann schaffen Durchführungskondensatoren aus Condensa F (dunkelblau) Abhilfe, da sie in den für Entkopplungszwecke im UKW-Bereich voll ausreichenden Kapizitätswerten von 500 bis 1000 pF hergestellt werden.

Durchführungskondensatoren

	Werkstoff	Typen-Nr.	Kapazität pF	Nenn-spannung V	Abmessungen mm
mit Schraub-	Condensa F	VsKo 0452	500	350	4 × 30
befestigung	Condensa F	VsKo 0269	500	500	6 × 30
(Bild 18)	Condensa F	VsKo 0260	1000	350	6 × 40
	Condensa F	VsKo 0270	800	500	6 × 40
	Epsilan 5000	VsKo 0487	5000	700	4 × 20
zum Einlöten	Epsilan	VsKo 0490	5000	350	4 × 12
(Bild 19)	Epsilan	VsKo 0493	2000	700	4 × 12
	Epsilan	VsKo 0494	5000	700	4 × 16
zum Einlöten	Epsilan	VsKo 0503	3000	350	3 × 12
Miniatur-	Epsilan	VsKo 0522	2000	700	4 × 12
ausführung	Epsilan	VsKo 0504	3000	700	4 × 12

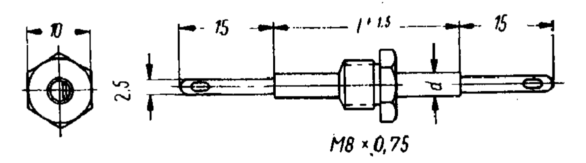
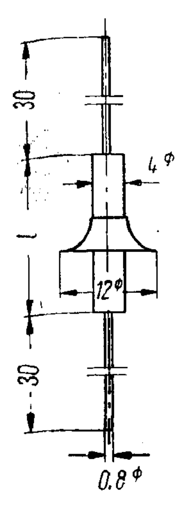


Bild 18. Durchführungsrohrkondensator mit Schraubbefestigung

Bild 19. Durchführungskondensator zum Einlöten



3.31 Veränderbare Kondensatoren

Über die Bauart des in 2-m-Geräten zu verwendenden Abstimm-Drehkondensators gibt es heute keine Diskussionen mehr, denn der sogenannte „Split-Stator-Kondensator" hat sich in diesem Bereich als günstigste Bauform durchgesetzt. Unsere Industrie bringt diesen UKW-Drehkondensator in verschiedenen Ausführungen preiswert auf den Markt. Es handelt sich dabei um zwei feststehende Plattensätze (Statoren), in die ein oft vom Kondensatorengehäuse isoliertes Rotorpaket mehr oder weniger tief eintaucht. Elektrisch gesehen handelt es sich dabei um die Serienschaltung zweier Kondensatoren. Die Vorteile eines solchen Split-Stator-Kondensators bestehen in einer sehr niedrigen Anfangskapazität, einer erwünscht geringen Kapazitätsvariation und vor allen Dingen im Fehlen jeglicher Schleifkontakte oder beweglicher Zuführungsfedern. Störende Zuleitungsinduktivitäten, Kratzgeräusche und schlechte Wiederkehrgenauigkeit der Frequenz, die bei Verwendung normaler Drehkondensatoren im UKW-Bereich auftreten, werden beim

Split-Stator-Drehkondensator weitgehend vermieden. Sein Verlustfaktor ist bemerkenswert niedrig.
Bild 20 zeigt als Beispiel einen bewährten Zweifach-Split-

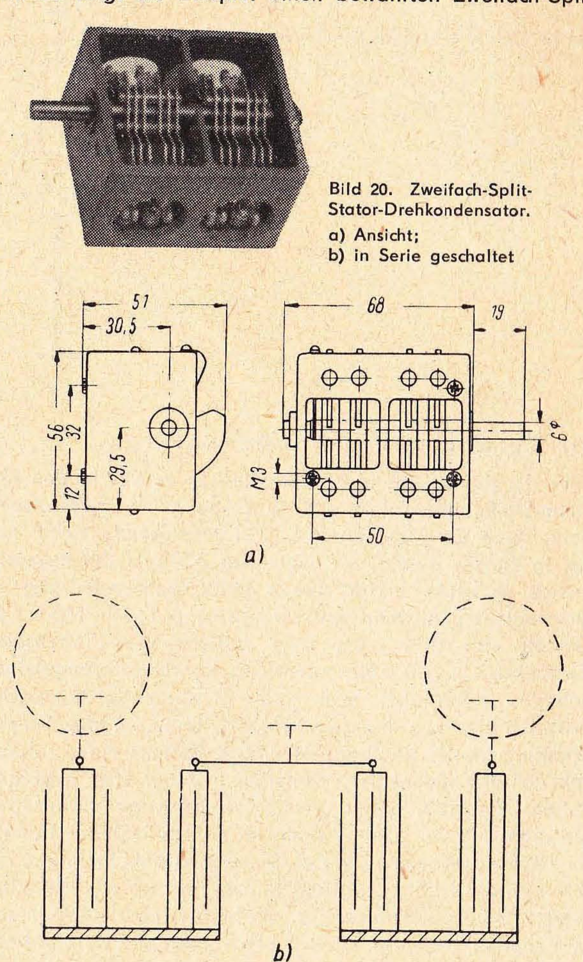


Bild 20. Zweifach-Split-Stator-Drehkondensator.
a) Ansicht;
b) in Serie geschaltet

Stator-Drehkondensator unserer Industrie (Type MUW 501 der Firma Elektra Schalkau/Th.). Seine Kapazitätsvariation C beträgt 10 pF je System bei einer Anfangskapazität von 2,3 pF. Mit einiger Geschicklichkeit kann – falls erforderlich – durch Entfernen der jeweils mittleren Rotorplatte die Kapazitätsvariation verringert werden. Wird der Drehko in einer Gegentaktendstufe verwendet, so sind zweckmäßig beide Systeme in Serie zu schalten (Bild 20 b). Dadurch wird einerseits die Kapazitätsvariation halbiert, andererseits die Durchschlagsfestigkeit erhöht.

3.4 Durchführungsfilter

Mit der Erschließung der Meter- und Dezimeterwellen durch die Nachrichtentechnik wurden Entstörbauelemente besonders für dieses neue Frequenzgebiet erforderlich. Der VEB Keramische Werke Hermsdorf entwickelte Durchführungsfilter, die eine wertvolle Ergänzung zu den schon seit einigen Jahren gefertigten Durchführungskondensatoren auf keramischer Basis darstellen.
Es handelt sich um Pi-Filter, die als Tiefpaß wirken. Sie bestehen aus einem HD-Röhrchen-Doppelkondensator mit einem innen befindlichen Rohrkern aus einem speziellen Ferritwerkstoff. Das Prinzipschaltbild des Durchführungsfilters zeigt Bild 21. Die Anordnung erreicht im Frequenzgebiet oberhalb 50 MHz Betriebsdämpfungen von etwa 80 dB und ist bis 2000 MHz wirksam. Diese Eigenschaften machen die neuen Durchführungsfilter für den 2-m-Amateur außerordentlich interessant, sie werden sicher in naher Zukunft in der Amateurtechnik Eingang finden und die üblichen Durchführungskondensatoren teilweise verdrängen.

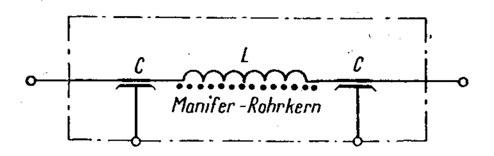


Bild 21. Prinzipschaltbild eines Durchgangsfilters

Genau wie die Durchführungskondensatoren werden auch die Durchführungsfilter sowohl zum Einlöten (Ausführung I) als auch zum Einschrauben (Ausführung II) gefertigt. Sie benötigen nicht mehr Platz als ein normaler Durchführungskondensator und unterscheiden sich auch äußerlich kaum von einem solchen. Bild 22 zeigt die Ausführungen I und II; der nachfolgenden Aufstellung sind die Typennummern und technischen Daten zu entnehmen.

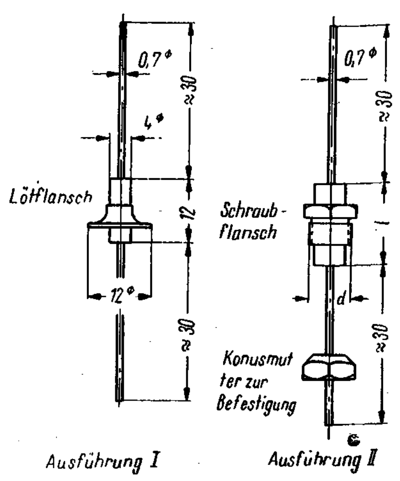


Bild 22. Durchführungsfilter

Das Gebiet der keramischen Kondensatoren wurde bewußt etwas ausführlicher besprochen. Die Entwicklung ist hier sehr schnell fortgeschritten, und nur verhältnismäßig wenige unserer Amateure kennen die reichhaltige Auswahl an modernsten Bauteilen, die uns die volkseigene keramische Industrie anbietet. Wenn wir von unseren Amateurgeräten behaupten wollen, daß sie dem letzten Stand der Technik entsprechen, so müssen wir die vielfältigen Formen moderner Bauelemente kennen und diese sinnvoll und zweckentsprechend einsetzen.

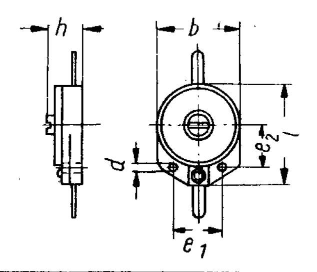
Durchführungskondensatoren

Typen-Nr.	EZs 0130 Ausführung I	EZs 0130 Ausführung II	EZs 0131 Ausführung II
Nennkapazität	2 × 1300 pF	2 × 1300 pF	2 × 2500 pF
Kapazitäts-Toleranz	−20 % +50 %	−20 % +50 %	−20 % +50 %
Nenninduktivität	0,06 H	0,05 H	0,2 H
Betriebsdämpfung bei 145 MHz	etwa 80 dB	etwa 80 dB	etwa 85 dB
Nennspannung	350 V − 250 V 50 Hz	350 V − 250 V 50 Hz	350 V − 250 V 50 Hz
Nennstrom	6 A	6 A	6 A
Befestigung	Einlöten	Einschrauben M 6 × 0,5	Einschrauben M 8 × 0,75
Montagebohrung	7 mm ⌀	7 mm ⌀	9 mm ⌀
Abmessungen	4 × 12 mm	6 × 12 mm	8 × 16 mm

Schwieriger ist schon die Auswahl eines geeigneten UKW-Trimmers. Sogar erfahrene Amateure begehen dabei oft noch Fehler. Für ein 2-m-Gerät kann nicht irgendein Trimmer aus der Bastelkiste genommen werden, ohne dabei die einwandfreie Funktion des Gerätes in Frage zu stellen. Die beste Eignung im UKW-Bereich zeigen die Tauchtrimmer mit Luftdielektrikum. Ähnlich gute Eigenschaften weisen die keramischen Rohrtrimmer auf, deren Rotor über einen Spindeltrieb dem rohrförmigen Stator genähert wird. Vorsicht ist dagegen bei Verwendung der üblichen keramischen Scheibentrimmer geboten, besonders dann, wenn es sich um alte Bestände handelt. Sie sind meist stark verschmutzt und haben deshalb ihre an sich guten HF-Eigenschaften teilweise verloren. Oft sind auch Rotor und Stator fast unlösbar miteinander verklebt; allerdings hilft in solchen Fällen Erhitzen des Rotors mit einem starken Lötkolben. Nachteilig ist weiterhin, daß keramische Scheibentrimmer mit steigender Frequenz sehr empfindlich gegen Überlastung werden. Diese Tatsache muß besonders dann beachtet werden, wenn solche Trimmer in Oszillatoren und Senderstufen Verwendung finden sollen. Als Faustregel wird angegeben, daß

ein keramischer Scheibentrimmer mit 16 mm Durchmesser bei einer Frequenz von 100 MHz noch etwa 16 bis 20 V vertragen kann, dem größeren Scheibentrimmer mit 25 mm Rotordurchmesser ist die doppelte Spannung zumutbar. In frequenzbestimmenden Teilen sollten grundsätzlich nur Trimmer mit möglichst geringem Temperaturkoeffizienten verwendet werden. Bei den keramischen Scheibentrimmern der Firma Hescho sind das Ausführungen, bei denen der Rotor aus Tempa oder Calit besteht. Rein äußerlich sind diese Tempatrimmer mit einem Temperaturkoeffizienten von nahezu Null an der fast weißen Rotorplatte erkennbar, dagegen ist das keramische Rotormaterial der für uns unbrauchbaren Condensa-Scheibentrimmer gelblich bis bräunlich verfärbt. Weit verbreitet ist z. B. der Tempatrimmer Ko 2509 (Hescho) mit einem Kapazitätsbereich von 1,5 bis 7,5 pF.

Da erfahrungsgemäß viele Amateure Trimmer besitzen, von denen lediglich die Typennummern bekannt sind, folgt nachstehend eine Aufstellung von Trimmern des VEB Keramische Werke Hermsdorf, die alle interessierenden Daten enthält. Die aufgeführten Typen eignen sich für den Einsatz in UKW-Empfängern.



Abmessungen in mm					
b	d	e^1	e^2	h	l
16	2,3	11	9,7	9	21,5

Bild 23. Scheibentrimmer

Scheibentrimmer

Nennspannung 350 V —/250 V ∼

Typen-Nr.	Anfangs-kapazität (pF)	End-kapazität (pF)	TK in $10^{-6}/°$ C	Max. zul. HF-Wirk-leistung (mW)	Werkstoff des Rotors
Ko 2509	1,5	7,5	+ 30 bis + 100	120	Tempa S
Ko 2512	5	14	+ 30 bis + 100	120	Tempa S
Ko 2616	1,2	2,5	+ 90 bis + 160	120	Calit

Miniatur-Scheibentrimmer

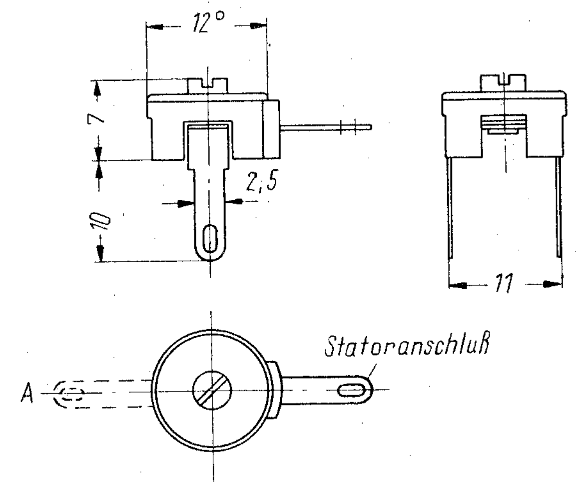


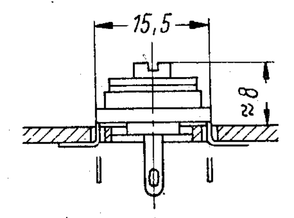
Bild 24. Miniatur-Scheibentrimmer

Nennspannung 250 V —/175 V ∼

Typen-Nr.	Anfangs-kapazität (pF)	End-kapazität (pF)	TK in $10^{-6}/°$ C	Werkstoff des Rotors
Ko 3398	2	5	+ 90 bis + 160	Calit
Ko 3413	4	12	— 20 bis + 20	Tempa W

(Ausführung I: wie gezeichnet, Ausführung II: mit Rotoranschluß A.)

Knopftrimmer



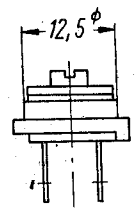


Bild 25. Knopftrimmer

Nennspannung 250 V —/175 V ∾

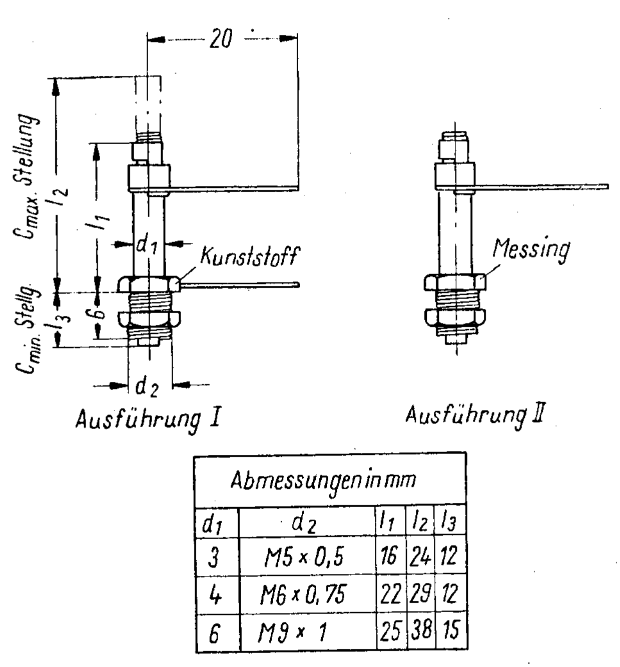
Typen-Nr.	Anfangs-kapazität (pF)	End-kapazität (pF)	TK in 10^{-6}/° C	Werkstoff des Rotors
Ko 3372	2	5	— 20 bis + 20	Tempa W
Ko 3373	3	7	— 20 bis + 20	Tempa W

(Ausführung I: mit Befestigungsring, Ausführung II: für fliegende Montage.)

Vollkeramische Rohrtrimmer

Nennspannung 250 V —/150 V ∾

Typen-Nr.	Ausführung	Anfangs-kapazität (pF)	End-kapazität (pF)	TK in 10^{-6}/° C	Werkstoff Stator	Werkstoff Rotor
Ko 3407	1	0,3	3	0 bis + 250	Tempa S	Calit
Ko 3410	2	0,3	3	0 bis + 250	Tempa S	Calit
Ko 3408	1	0,5	4,5	0 bis + 250	Tempa S	Calit
Ko 3411	2	0,5	4,5	0 bis + 250	Tempa S	Calit
Nennspannung 350 V —/250 V ∾						
Ko 3409	1	1,5	7	0 bis + 250	Tempa S	Calit
Ko 3412	2	1,5	7	0 bis + 250	Tempa S	Calit



Abmessungen in mm				
d_1	d_2	l_1	l_2	l_3
3	M5 × 0,5	16	24	12
4	M6 × 0,75	22	29	12
6	M9 × 1	25	38	15

Bild 26. Vollkeramischer Rohrtrimmer

3.5 Widerstände

Auch bei der Auswahl der Widerstände muß der UKW-Amateur einige Überlegungen anstellen. Ein Widerstand, der im Kurzwellenbereich durchaus noch als reiner Wirkwiderstand zu betrachten ist, kann im 2-m-Bereich bereits komplexen Charakter annehmen. Jeder Widerstand besitzt eine gewisse Kapazität gegenüber seiner Umgebung, die auch als Raumkapazität bezeichnet werden kann. Hinzu kommt eine „innere Kapazität", die zwischen den beiden Anschlüssen wirksam ist. Bekanntlich kann jeder Kapazität ein kapazitiver Widerstand R_C zugeordnet werden, der frequenzabhängig ist. Dieser kapazitive Widerstand liegt

dem Gleichstromwiderstand parallel und wird natürlich nur bei Hochfrequenz wirksam. Er ändert seinen Wert dahingehend, daß er sich mit steigender Frequenz verringert. Nehmen wir einmal an, die schädliche Kapazität eines Widerstandes würde 0,5 pF betragen. Aus der bereits angegebenen Näherungsformel für eine Frequenz von 150 MHz

$$R_C\,[\text{Ohm}] = \frac{1060}{C\,[\text{pf}]}.$$

errechnen wir für eine Kapazität C von 0,5 pF den kapazitiven Widerstand R_C mit 1060 : 05 = 2120 Ohm. Handelt es sich bei dem betrachteten Widerstand um einen solchen geringen Ohmwert, z. B. um einen Antennen-Abschlußwiderstand mit 60 Ohm, so könnte der Einfluß des kapazitiven Nebenschlusses von 2120 Ohm noch vernachlässigt werden, da wir aus der Parallelschaltung $\frac{2120 \cdot 60}{2120 + 60}$ immer noch einen wirksamen Widerstand von rund 58 Ohm errechnen können. Ganz anders werden aber die Verhältnisse, wenn es sich um einen Hochohmwiderstand, etwa einen Gitterableitwiderstand von 100 Kiloohm, handelt. Der wirksame HF-Widerstand beträgt dann nur noch

$$\frac{100\,000 \cdot 2120}{100\,000 + 2120} \approx 2000 \text{ Ohm}.$$

Durch geeignete Bauformen können die schädlichen Kapazitäten eines Widerstandes stark vermindert werden. Die Industrie liefert spezielle UKW-Schichtwiderstände, die sowohl kapazitätsarm als auch induktivitätsarm sind. Bei diesen Spezialwiderständen werden vor allen Dingen die sonst üblichen Endkappen der Widerstände vermieden, die einen verhältnismäßig großen Kapazitätsanteil verursachen. Die guten Eigenschaften der UKW-Schichtwiderstände werden illusorisch, wenn man sie ohne Überlegung einfach in die Schaltung einlötet. Um die Raumkapazität klein zu halten, ist ein möglichst großer Abstand vom Aufbauchassis, den Abschirmwänden und anderen Bauteilen zu wahren! Kleinwiderstände von 0,25 oder 0,1 W Belastbarkeit haben eine besonders geringe Raumkapazität. Der induktive Blind-

anteil von Schichtwiderständen fällt bei 150 MHz noch nicht sehr ins Gewicht. Er darf bei Hochohmwiderständen meist vernachlässigt werden, kann jedoch bei niederohmigen Widerständen schon eine Rolle spielen. Auf jeden Fall sollten auch die Zuleitungen zum Widerstand so kurz wie möglich sein. Natürlich ist es nicht erforderlich, nun grundsätzlich für alle Widerstände in einem 2-m-Gerät die speziellen UKW-Schichtwiderstände zu verwenden. Notwendig sind diese nur dort, wo Hochfrequenz vorhanden ist.

3.6 **Die Elektronenröhre**

Nachdem wir erkannt haben, daß verhältnismäßig unkomplizierte Bauteile der HF-Technik im VHF-Bereich bereits Eigenschaften annehmen, die nicht sofort übersehbar sind, wundern wir uns nicht, wenn wir auch über das Verhalten der Elektronenröhren bei hohen Frequenzen einiges hinzulernen müssen. Aus Platzgründen kann allerdings nur in großen Zügen auf die Röhrenprobleme im UKW-Bereich eingegangen werden.

3.61 Der äquivalente Rauschwiderstand ($R_{äq}$)

Bereits bei der Besprechung des Rauschens wurde festgestellt, daß heute auch für den UKW-Bereich Empfänger mit beliebig hoher Verstärkung gebaut werden. Jedoch ist der Brauchbarkeit eines solchen Gerätes durch das auftretende Empfängerrauschen eine Grenze gesetzt. Das innere Rauschen eines UKW-Empfängers wird fast ausschließlich durch die verwendeten Elektronenröhren verursacht. Das Entstehen dieses Röhrenrauschens ist vorwiegend eine Folge des Schroteffektes, hinzu kommt bei Mehrgitterröhren das Stromverteilungsrauschen und schließlich bei Frequenzen über etwa 50 MHz das Influenzrauschen. Zur Kennzeichnung des Röhrenrauschens wird der Ausdruck „äquivalenter Rauschwiderstand $R_{äq}$“ benutzt. Dieser Begriff gibt darüber Auskunft, welcher Wirkwiderstandswert parallel zur Gitter-Katodenstrecke einer rauschfreien Idealröhre zu schalten ist, um das gleiche thermische Widerstandsrauschen bei Zimmertemperatur erzeugen zu können.

Der äquivalente Rauschwiderstand einer Triode als HF-Verstärker ist eine Funktion der Röhrensteilheit und läßt sich sehr einfach errechnen:

Triode als HF-Verstärker: $R_{äq} = \frac{2{,}5}{S\ [mA/V]}\ [k\,Ohm]$.

Wir erkennen daraus, daß $R_{äq}$ mit größer werdender Steilheit geringer wird. Wird eine Triode als Mischröhre verwendet, wie das bei UKW-Empfängern fast die Regel ist, so steigt der äquivalente Rauschwiderstand an:

Triode als Mischröhre: $R_{äq} = \frac{15}{[S\ mA/V]}\ [k\,Ohm]$.

Etwas schwieriger wird die Berechnung des $R_{äq}$ für eine Pentode als HF-Verstärker, denn hier muß das Stromverteilungsrauschen zusätzlich mit einbezogen werden.
Pentode als HF-Verstärker:

$$R_{äq} = \frac{I_a}{I_k} \cdot \left(\frac{2{,}5}{S} + \frac{20 \cdot I_{g2}}{S^2}\right)\ [k\,Ohm]$$

(I_a = Anodenstrom; I_k = Katodenstrom; I_{g2} = Schirmgitterstrom; S ≙ Steilheit in mA/V).

Noch stärker rauscht ein Pentodenmischer. Der äquivalente Rauschwiderstand einer Pentode als Mischröhre ist etwa viermal so groß wie der $R_{äq}$ der gleichen Pentode im HF-Verstärkerbetrieb. Völlig unbrauchbar im UKW-Betrieb sind die bekannten Vielgitter-Mischröhren (Hexoden usw.), da sie den 10- bis 20fachen Rauschwiderstand eines Pentodenmischers haben. Wir erkennen, daß steile Trioden den geringsten äquivalenten Rauschwiderstand gewährleisten. Darum beherrscht heute im UKW-Bereich die Triode als HF-Verstärker und als Mischröhre das Feld.

3.62 Der Röhren-Eingangswiderstand (R_e)

Der Eingangswiderstand R_e stellt eine weitere wichtige Kenngröße von Elektronenröhren dar. Er ist frequenzabhängig; seine Größe hat für die Brauchbarkeit von Röhren im UKW-Gebiet ausschlaggebende Bedeutung. R_e

wirkt wie ein Ohmscher Widerstand, der der Strecke Gitter–Katode parallelgeschaltet ist, und belastet dadurch den Eingangskreis der Röhre. Die beste UKW-Röhre wird deshalb immer die sein, die den kleinsten äquivalenten Rauschwiderstand bei größtem Eingangswiderstand im VHF-Bereich aufweist. R_e ist von den konstruktiven Merkmalen der Röhre abhängig; er wird zum großen Teil durch die Zuleitungsinduktivitäten und Kapazitäten innerhalb der Röhre bestimmt.
Mit kürzer werdenden Wellenlängen macht sich weiterhin die Laufzeit der Elektronen zwischen Katode und Steuergitter störend bemerkbar, und zwar tritt zwischen der steuernden Gitterwechselspannung und dem Wechselstromanteil des Emissionsstromes eine mehr oder weniger große Phasenverschiebung auf. Dieser Erscheinung, „Laufzeit-Effekt" genannt, versucht man entgegenzuwirken, indem durch extrem kleine Gitter-Katoden-Abstände der Weg des Elektronenflusses, und damit die Laufzeit, so gering wie möglich gehalten wird. Diesem Bestreben kommt die moderne Spanngittertechnik in der Röhrenfertigung besonders gut entgegen.
Sehr ungünstig auf den erwünscht hohen Eingangswiderstand wirkt sich im UKW-Bereich auch die Zuleitungsinduktivität der Katode aus, da sie eine Gegenkopplung verursacht und damit den Eingangswiderstand herabsetzt. Schon frühzeitig wurde deshalb nach Wegen in der konstruktiven Gestaltung von Röhren gesucht, die sehr kurze, und damit induktivitätsarme Elektrodenzuführungen erlaubten. Die Einführung der Preßtellertechnik, bei der die Sockelstifte direkt in den Glasboden der Röhre eingeschmolzen sind, war der entscheidende Schritt zur Schaffung brauchbarer UKW-Röhren. Eine weitere wirksame Verringerung der schädlichen Katodeninduktivität wurde dadurch erreicht, daß die Katode zwei Anschlüsse erhielt (z. B. EF 80). Diese Katodenanschlüsse dürfen in der Schaltung nicht direkt miteinander verbunden werden, da sich der Eingangswiderstand sonst wieder erniedrigt. Bild 27 zeigt als Beispiel, wie der eine Katodenanschluß zweckmäßig dem Erdungspunkt des Gitterkreises, der andere dem Erdungspunkt des Anodenkreises zugeordnet wird.

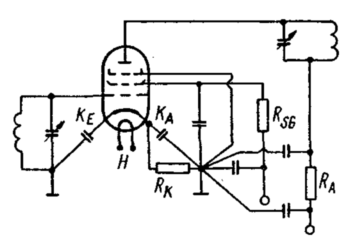


Bild 27. Katodenanschluß am Erdungspunkt des Gitter- und des Anodenkreises

Die Steilheit der Röhre und deren Eingangskapazität stehen in engem Zusammenhang. Große Steilheit verlangt engsten Gitter-Katoden-Abstand, was gleichbedeutend mit einer bedeutenden Gitter-Katoden-Kapazität ist. Mit größer werdender Steilheit verringert sich bekanntlich der äquivalente Rauschwiderstand, leider wird aber auch gleichzeitig der Eingangswiderstand kleiner. Das Bemühen der UKW-Röhrenentwicklung ist deshalb darauf gerichtet, durch konstruktive Maßnahmen trotz großer Steilheit, und damit kleinem $R_{äq}$, auch auf hohen Frequenzen noch einen großen R_e zu erreichen.

3.63 Der Röhren-Ausgangswiderstand R_a

So wie R_e den Gitterkreis bedämpft, belastet R_a den Anodenkreis. Der Ausgangswiderstand ist ebenfalls frequenzabhängig und wird mit steigender Frequenz kleiner. Der Laufzeit-Effekt tritt beim Ausgangswiderstand nicht in Erscheinung, die Größe von R_a wird hauptsächlich durch die Zuleitungsinduktivitäten der Röhrenelektroden bedingt. Da R_a immer 5- bis 10mal größer als R_e ist, wird der Anodenkreis durch R_a auch viel weniger bedämpft, als dies beim Gitterkreis durch R_e der Fall ist. In vielen Fällen kann daher der Ausgangswiderstand der Röhre vernachlässigt werden.

3.64 Das Verhältnis $R_e/R_{äq}$

Aufschluß über die Brauchbarkeit einer Röhre im Bereich sehr kurzer Wellenlängen gibt das Verhältnis $R_e/R_{äq}$. Je größer es ist, desto bessere UKW-Eigenschaften hat die

Röhre. Durch die Frequenzabhängigkeit von R_e ergibt jedoch das Verhältnis $R_e/R_{äq}$ für die gleiche Röhre bei verschiedenen Frequenzen auch verschiedene Werte. Grundsätzlich verkleinert sich das Verhältnis mit steigender Frequenz und erreicht bei einer bestimten Frequenz den Wert 1. Diese Frequenz, bei der $R_e = R_{äq}$ wird, ist die Grenzfrequenz einer Röhre.

3.65 Das S/C-Verhältnis

Große Steilheit einer Röhre ermöglicht eine hohe Verstärkungsziffer. Das Erhöhen der Steilheit ist jedoch mit einer Vergrößerung der Röhrenkapazitäten verbunden. Natürlich schränken große Elektrodenkapazitäten die Brauchbarkeit einer Röhre im UKW-Bereich ein, da sie sich zu der Kapazität des anliegenden Schwingungskreises addieren. Dadurch wird das L/C-Verhältnis und damit der Resonanzwiderstand des Kreises verkleinert. Die besten Verstärkungseigenschaften wird demnach eine UKW-Röhre haben, bei der es gelungen ist, trotz hoher Steilheit die Summe der Eingangs- und Ausgangskapazität ($C_e + C_a$) klein zu halten.

Zusammenfassung:

Die Betrachtung des Verhältnisses $R_e/R_{äq}$ im Zusammenhang mit dem S/C-Verhältnis ermöglicht es, uns verschiedene Röhrentypen hinsichtlich ihrer Brauchbarkeit im UKW-Bereich miteinander zu vergleichen. Stets ist die Röhre die beste, die das größte Verhältnis $R_e/R_{äq}$ bei gleichzeitig größtem S/C-Verhältnis aufweist.

4. DER AMATEUR-FUNKVERKEHR IM 2-m-BAND

Oft wird der UKW-Amateur gefragt, weshalb er eigentlich seinen Amateurfunkverkehr auf dem 2-m-Band abwickelt, wo er viel Zeit und Geduld aufbringen muß, um gelegentlich einmal einige hundert Kilometer Entfernung überbrücken zu können. Die Kurzwelle sei doch viel abwechslungsreicher und gestatte jederzeit weltweite Verbindungen. Der Be-

fragte steht dann etwa der gleichen Situation gegenüber wie ein Langstreckenläufer, dem man den Rat gibt, doch besser das Fahrrad zu benutzen, da dies ja bedeutend bequemer und schneller sei. Die Antworten auf das „Warum" fallen bei den einzelnen UKW-Freunden sicher sehr verschieden aus. Viele werden den Reiz einer neuen Technik anführen, bei der man mit jedem Zentimeter Schaltdraht knausern muß und sich ein Fingerspitzengefühl für die Hochfrequenz erwirbt. Andere wieder sehen vor allem die Möglichkeit, mit sehr leistungsfähigen und trotzdem verhältnismäßig kleinen Antennen im UKW-Bereich experimentieren zu können. Seien es die 2-m-Fuchsjäger oder die Miniaturbauspezialisten für UKW-Handfunksprechgeräte, allen ist der Wunsch gemeinsam, eine neue Technik verstehen und beherrschen zu lernen, die Technik der Wellen, die in naher Zukunft das Bindeglied zwischen unserer Mutter Erde und den Pionieren des Weltraumes sein werden.
Der Amateur, der den Sprung von der Kurzwelle zur Ultrakurzwelle vollführt – und das gelingt ihm meist erst nach vielen Mühen – sieht sich völlig veränderten Verhältnissen gegenüber. Sein an das Tohuwabohu der „80-m-Spielweise" gewöhntes Ohr stellt zunächst eine für die Gehörnerven wohltuende Stille fest. Atmosphärische Störungen machen sich nur in ganz seltenen Fällen, und dann auch nur in gemildeter Form bemerkbar. Sie sind bei Nahgewittern sowie manchmal bei schauerartigen Regen-, Schnee- oder Graupelfällen zu beobachten. UKW-Rundfunkhörer und Fernsehteilnehmer wissen aus eigener Erfahrung, wie selten der Empfang in diesem Bereich durch atmosphärische Störungen beeinträchtigt wird. Eine gewisse Rolle spielen Zündfunkenstörungen durch Ottomotoren. Sie können Amateuren, die an einer Hauptverkehrsstraße wohnen, mitunter Schwierigkeiten bereiten. Durch die Pflichtentstörung der Kraftfahrzeuge in der DDR wurden diese lästigen Störungen allerdings stark gemindert. Der sehr empfindliche UKW-Empfänger reagiert oft noch auf die geringen Störfeldstärken entstörter Ottomotoren, besonders dann, wenn die Antenne einen ungünstigen Standort im Störnebel einer Verkehrsstraße hat. Abhilfe bringen Antennen, die auch in der Vertikalebene die Strahlung bündeln und deshalb „von unten"

nur noch wenig aufnehmen. In der Praxis sind das alle horizontal polarisierten Antennen, die in zwei oder mehreren Ebenen übereinander gestockt sind.
Wer mit den Gepflogenheiten der 2-m-Amateure nicht vertraut ist, kann stundenlang am Empfänger sitzen und das Band abkurbeln, ohne auch nur das leiseste Signal zu hören. Die Aussichten, während der Tagesstunden eine Gegenstation zu erreichen, sind an Wochentagen äußerst gering. Die Arbeitszeit der UKW-Amateure beginnt frühestens 18.00 Uhr MEZ mit schwacher Bandbesetzung bis gegen 22.00 Uhr. Das Maximum der Aktivität liegt etwa bei 22.30 Uhr und hält bei guten Ausbreitungsbedingungen bis nach Mitternacht an. Es ist bezeichnend, daß nach Beendigung des Fernsehprogrammes die meisten Stationen „aufs Band" kommen. Dies liegt einmal in der Tatsache begründet, daß so mancher 2-m-Sender noch nicht „TVI-sicher" ist und deshalb das Fernsehbild in der Nachbarschaft mehr oder weniger eindrucksvoll „onduliert", zum anderen gibt es auch unter den Amateuren Fernsehliebhaber, die wohl einen TVI-sicheren Sender ihr eigen nennen, sich selbst aber erst das Fernsehprogramm ansehen.
Schließlich hat man auch festgestellt, daß in den Abend- und Nachtstunden die Ausbreitungsbedingungen meist besser sind als tagsüber. In Ausnahmefällen – etwa bei Aurora – ist auch während der Tagesstunden Betrieb im 2-m-Band. Ganz anders liegen die Verhältnisse an Sonn- und Feiertagen. Die Abendaktivität ist dann verhältnismäßig gering, dagegen liegt ein ausgesprochenes Tätigkeitsmaximum in den Morgenstunden zwischen 10.00 und 12.00 Uhr. An solchen Tagen lohnt es sich auch, in den Nachmittagsstunden das Band zu beobachten, denn so mancher 2-m-Amateur führt beim Sonntagsausflug seine „Portable-Station" mit oder arbeitet vom Kraftfahrzeug aus mit einer „Mobilstation". In einigen Ländern wurden UKW-Aktivitätstage eingeführt, an denen besonders viele 2-m-Stationen tätig sind. So arbeiten z. B. unsere tschechoslowakischen Freunde bevorzugt montags zwischen 20.00 und 24.00 Uhr. Dabei soll die Zeit zwischen 20.00 und 22.00 Uhr hauptsächlich für Verbindungen innerhalb der CSSR genutzt werden, während zwischen 22.00 und 24.00 Uhr nach weit entfernten Stationen Aus-

schau gehalten wird. Diesem Programm haben sich die polnischen UKW-Amateure angeschlossen. Auch viele deutsche 2-m-Amateure sind montags besonders aktiv, da dieser Wochentag immer eine reichhaltige Bandbesetzung aufzuweisen hat. Für Österreich wurde der Dienstag als Aktivitätstag empfohlen; aber auch dort setzt sich der Montag immer mehr durch.

4.1 Wettbewerbe für UKW-Amateure

Besondere Höhepunkte für den UKW-Amateur sind die verschiedenen Wettbewerbe, die bevorzugt in den Sommermonaten stattfinden. Jeder Contest eröffnet dem Freund der UKW große Möglichkeiten, neue 2-m-Stationen mitunter ausgesprochene Raritäten, zu erreichen. Gewöhnlich arbeiten dann mehr als die Hälfte der Beteiligten mit transportablen Kleinstationen von hohen Bergen aus, die mit viel Mühe und bergsteigerischem Geschick erreicht werden müssen. Seien es die Alpengipfel oder die höchsten Erhebungen der Mittelgebirge, überall finden wir an Contesttagen be-

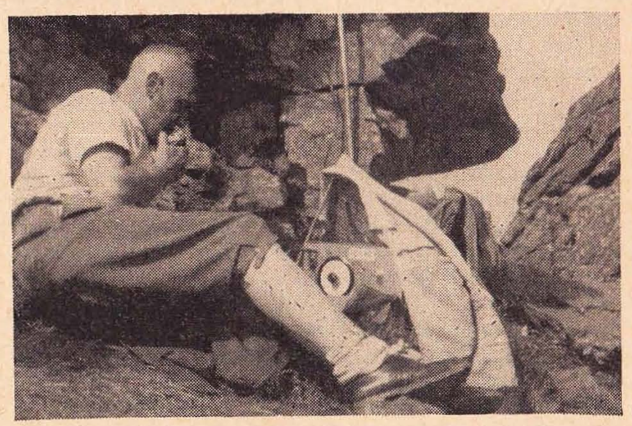


Bild 28. DL6MH beim Bayrischen Bergtag (BBT) auf dem 1457 m hohen Arber (Bayrischer Wald)

geisterte UKW-Amateure, deren Anstrengungen dann durch zahlreiche Weitverbindungen belohnt werden (Bild 28).

Die jährliche Wettbewerbssaison wird immer mit dem „1. subregionalen UKW-Contest" eingeleitet. Er findet regelmäßig am ersten Wochenende im März statt. Im Abstand von je 8 Wochen folgen der 2. und der 3. subregionale UKW-Contest (1. Wochenende im Mai und im Juli). Das Ereignis des Jahres bildet schließlich der „Europäische UKW-Contest", der 8 Wochen nach dem 3. subregionalen UKW-Contest, am ersten Septemberwochenende, durchgeführt wird. Den „Europäischen UKW-Contest" organisieren abwechselnd die verschiedenen europäischen Amateurverbände. Da die Ausschreibungen zu diesen vier Wettbewerben jährlich nahezu unverändert die gleichen bleiben, folgen nachstehend die wichtigsten Punkte aus den Contestregeln.

Der Europäische UKW-Contest
(gilt auch für die 3 subregionalen Wettbewerbe)

Jeder Contest hat zwei Sektionen:

a) feste Stationen,

b) portable und mobile Stationen.

Alle zugelassenen Amateurbänder von 144 MHz an aufwärts dürfen verwendet werden. Die Bänder werden getrennt gewertet.

Mobile/portable Stationen müssen während eines Contestes an einem Standort verbleiben, dem Rufzeichen muß „/p" angehängt werden. Alle Stationen können von mehreren Funkern betrieben werden, jedoch darf nur ein einziges Rufzeichen Verwendung finden. Sämtliche Funker müssen voll lizenziert sein. Feste Stationen haben ihren exakten Standort, mobile/portable Stationen ihren Standort in Abstand und Richtung von der nächsten Stadt anzugeben. Dem „QRA-Kenner" als vereinfachte Standortangabe ist der Vorzug zu geben. Die Gleichstromeingangsleistung der Senderendstufe muß den Lizenzbestimmungen entsprechen. Alle Wettbewerbe laufen durchgehend von Sonnabend 18.00 Uhr bis zum Sonntag 18.00 Uhr MEZ.

Mit jeder Station sollte nur einmal gearbeitet werden. Wird mit der gleichen Station mehrmals gearbeitet, so kann nur eine Verbindung gewertet werden. Die Sendearten A 1, A 3 und F 3 sind zugelassen. Innerhalb jeder Verbindung muß eine Codenummer ausgetauscht werden, die sich aus dem RS beziehungsweise RST und einer dreistelligen Seriennummer zusammensetzt. Die Seriennummern beginnen bei der ersten Verbindung mit 001. Die Verbindung wird nur mit vollständigem Codenummer-Austausch bewertet.

Die Anzahl der bei einer bewertbaren Contest-Verbindung überbrückten Kilometer entspricht der Punktzahl. Das Punkt-pro-Kilometer-System gilt für alle UKW-Bänder. Der QRA-Kenner ist ein Hilfsmittel zur Entfernungsbestimmung. Eine notfalls erforderliche exakte Bestimmung der überbrückten Entfernung (MDX oder ODX) muß mit Hilfe einer Großkreisberechnung erfolgen.

Die Endsumme ist die Summe aller Punktzahlen. Falls zwei oder mehr Stationen die gleiche Endsumme haben, stehen sie im gleichen Rang. Bei Mehrbandbetrieb ist für jedes einzelne Band die Endsumme zu bestimmen.

Jeder Sektions- und Bandsieger erhält ein Diplom, der Teilnehmer mit der höchsten Punktzahl im Europäischen UKW-Contest einen Wanderpokal für die Dauer eines Jahres.

Wer die Contestregeln bewußt verletzt, wird disqualifiziert. Kleinere Irrtümer können einen Punktverlust bewirken.

Einen interessanten Wettbewerb bildet der „Bayerische Bergtag" (BBT). Er erfreut sich einer steigenden Beliebtheit. Die Teilnehmerzahlen aus den umliegenden Ländern beweisen, daß dieser Wettbewerb über seinen ursprünglichen „bayerischen Rahmen" längst hinausgewachsen ist.

Das UKW-Referat des Zentralradioklubs der CSSR veranstaltet alljährlich einen großen UKW-Wettbewerb, den „Polni Den". Er findet gewöhnlich an einem Wochenende im Juli statt.

Frequenzbänder: 86 MHz (Nationalband der CSSR), 145 MHz, 435 MHz und 1250 MHz.

Der Wettbewerb wird in zwei Abschnitten durchgeführt, und zwar:

Abschnitt 1 von Sonnabend 16.00 Uhr (MEZ) bis Sonntag 04.00 Uhr (MEZ);

Abschnitt 2 Sonntag von 04.00 Uhr (MEZ) bis 16.00 Uhr (MEZ).

In jeder dieser Zeitperioden darf jede Station auf jedem Band nur einmal gearbeitet werden.

Die Wettbewerbsteilnehmer bilden zwei Gruppen:

Hauptkategorie: Portable Stationen. In dieser Gruppe darf die Gleichstrom-Eingangsleistung der Endstufe 25 W nicht überschreiten.

Nebenkategorie: Ortsfeste Stationen. Ihr Input ist nicht begrenzt und darf die in der Lizenz erlaubte Grenze erreichen.

Portable Stationen dürfen während des Wettbewerbes ihren Standort nicht ändern. Dem Rufzeichen dieser Stationen muß „/p" angefügt werden. Alle Stationen dürfen von mehreren Funkern bedient werden, aber nur unter einem Rufzeichen arbeiten. Es ist gestattet, gleichzeitig auf mehreren UKW-Bändern Contestbetrieb durchzuführen. Zugelassene Sendearten: A 1, A 2 und A 3.

Der Anruf in A 1 und A 2 lautet „CQ PD"; in A 3 ist der Ruf „Vyzva Polni Den" oder „Calling Field Day" zu verwenden.

Innerhalb jeder Verbindung muß eine Codenummer ausgetauscht werden, die aus dem RS bzw. RST und einer dreistelligen fortlaufenden Zahl zusammengesetzt ist. Die Zahl beginnt bei der ersten Verbindung mit 001. Weiterhin muß der genaue Standort ausgetauscht werden; dabei ist der QRA-Kenner zu bevorzugen. Für die Wertung ist die vollständige Codenummer mit Standortangabe erforderlich. Jedes Band wird gesondert gewertet. Jeder überbrückte Kilometer gilt als ein Punkt. Das Endergebnis ist die Summe aller Punktzahlen. Für jedes Frequenzband ist ein separates Log zu führen.

A u s w e r t u n g :

Hauptkategorie

Es wird

a) die Reihenfolge auf jedem Band festgestellt;
b) die Reihenfolge der Teilnehmer aus der CSSR ermittelt;
c) für die Frequenzbänder 145 MHz und 435 MHz werden die Punkte der ersten fünf Stationen eines jeden Teilnehmerlandes zusammengezählt und so die Reihenfolge eines jeden Teilnehmerlandes für jedes der beiden Frequenzbänder festgestellt.

Nebenkategorie

Es wird die Gesamtreihenfolge auf jedem Band ermittelt.
Jeder Teilnehmer verpflichtet sich mit der Einsendung seines Logs ehrenwörtlich, die Wettbewerbsbedingungen eingehalten und alle Angaben nach bestem Wissen gemacht zu haben.
Auf dem 2-m-Band ist es nicht erlaubt, Solooszillatoren und andere unstabile Sender zu benützen. Auf keinem Band darf ein Superregenerativempfänger ohne Vorstufe verwendet werden.
Die Logs müssen folgende Angaben enthalten: Datum, Zeit, Rufzeichen der Gegenstation, beide Codenummern, Standort der Gegenstation bzw. deren QRA-Kenner.
Jede Station, die in irgendeinem Punkt gegen die Contestbestimmungen verstößt, wird disqualifiziert. Stationen, die durch undiszipliniertes oder mangelhaftes Senden andere Teilnehmer stören, werden ebenfalls disqualifiziert. Die Entscheidungen des Zentralradioklubs sind unanfechtbar.
Erstmalig im Jahre 1960 führten die polnischen UKW-Amateure einen jährlich wiederkehrenden UKW-Feld-Tag durch. Dieser „P o l n i D j e n" (Feld-Tag) hat ähnliche Bedingungen wie der tschechoslowakische „Polni Den". Er findet alljährlich im August statt. Aus den Teilnahmebedingungen: Der Contest wird in drei Abschnitten durchgeführt:
Abschnitt 1 von Sonnabend 17.00 Uhr bis Sonnabend 23.00 Uhr (MEZ);
Abschnitt 2 von Sonnabend 23.00 Uhr bis Sonntag 05.00 Uhr (MEZ);
Abschnitt 3 Sonntag von 05.00 Uhr bis 11.00 Uhr (MEZ).

Während jedes Abschnittes darf nur eine Verbindung mit jeder Station hergestellt werden, und zwar in Telegrafie oder in Telefonie. Es können also mit jedem Teilnehmer insgesamt 3 QSOs im Laufe der gesamten Contestzeit durchgeführt werden.

Der Contestruf lautet „CQ PD" bzw. „CQ Polni Djen". Ausgetauscht werden wie üblich RS bzw. RST und die dreistellige QSO-Nummer. Es ist Netz- oder Batteriebetrieb erlaubt. Der Input ist beliebig, muß jedoch den Lizenzbestimmungen des Teilnehmers entsprechen. Die verwendeten UKW-Geräte dürfen keine Störungen bei anderen Teilnehmern verursachen. Die Wertung erfolgt in zwei Gruppen:

A = portable Stationen

B = ortsfeste Stationen

Punktwertung: Ein Punkt pro Kilometer. Die Sieger erhalten Preise.

In der CSSR wird seit Jahren das sogenannte UKW-Marathon durchgeführt. Das ist ein UKW-Wettbewerb, der permanent das ganze Jahr über läuft. In jedem Quartal kann mit jeder UKW-Station einmal eine wertbare Verbindung gemacht werden. Dabei sind RST bzw. RS und eine laufende Nummer – wie bei Wettbewerben üblich – auszutauschen. Im Verkehr mit ausländischen Stationen wird nur das RST übermittelt, die laufende Nummer kann dabei entfallen. Ausgeschlossen von der Wertung sind alle QSOs, die im Verlauf von offiziellen UKW-Contesten abgewickelt werden. Die Auswertung erfolgt vierteljährlich gesondert sowie zusammenfassend für das ganze Jahr.

Punktzählung: 2-m-Band QSos

Entfernungen bis	100 km =	1 Punkt
Entfernungen bis	200 km =	2 Punkte
Entfernungen bis	300 km =	3 Punkte
Entfernungen bis	400 km =	4 Punkte
Entfernungen bis	500 km =	5 Punkte
Entfernungen über	500 km =	10 Punkte

70-cm-Band QSOs:

Entfernungen	bis	50 km =	1 Punkt
Entfernungen	bis	100 km =	3 Punkte
Entfernungen	bis	150 km =	6 Punkte
Entfernungen	bis	200 km =	9 Punkte
Entfernungen	bis	250 km =	12 Punkte
Entfernungen	über	250 km =	25 Punkte

Sieger ist die Station mit der höchsten Gesamtpunktzahl.

4.2 UKW-Diplome

Für besondere Erfolge in der Amateurtätigkeit haben viele Amateurverbände, Radioklubs und auch Amateurzeitschriften eine Reihe von Diplomen gestiftet, die fast ausschließlich für die Arbeit auf Kurzwellen bestimmt sind. Reine UKW-Diplome gibt es bisher nur sehr wenige; sie sind dafür um so wertvoller.
Sehr bekannt ist das „VHF-6", das von der V. E. R. O. N., einer niederländischen Amateurvereinigung, verliehen wird. Der Antragsteller muß durch QSL-Karten nachweisen, daß er mit UKW-Amateurstationen in mindestens 6 verschiedenen europäischen Ländern Verbindung hatte. Werden mehr als 6 Länder erreicht, so gibt es Zusatz-Aufkleber, sogenannte „Stickers" für das Diplom. Bild 29 zeigt das VHF-6-Diplom.
In neuester Zeit hat auch die V. R. Z. A. (Niederlande) zwei interessante UKW-Diplome gestiftet, und zwar das „VHF-25" und das „VHF-50". Für das „VHF-25" sind durch QSL-Karten 25 Verbindungen auf dem 2-m-Band oder auf höheren Amateurband-Frequenzen nachzuweisen. Es werden nur solche Verbindungen gewertet, die vom Heimatort aus getätigt wurden und über Entfernungen von mindestens 40 km führten. Zugelassen sind die Betriebsarten Telegrafie, Telefonie oder beide Betriebsarten gemischt.

Das „VHF-50" können alle Inhaber des „VHF-25" erwerben. Es müssen dann weitere 25 UKW-Verbindungen nachgewiesen werden, die alle über Entfernungen von 200 km oder mehr gefahren wurden. Für Standort und Betriebsarten gelten die Bedingungen des „VHF-25".

a)



b)

Bild 29. VHF-Diplome. a) das VHF-6 Diplom; b) das VHF-50 Diplom

Ein dänisches UKW-Diplom der EDR, das „OZ-VHF-CC", kann von allen Amateuren erworben werden, die durch QSL-Karten 100 verschiedene Verbindungen im 2-m-Band nachweisen. Während dänische Bewerber sämtliche 100 Verbindungen mit dänischen UKW-Stationen hergestellt haben müssen, benötigen nichtdänische Antragsteller nur 50 QSL-Karten von OZ-Stationen. Die restlichen 50 QSL-Karten können von beliebigen anderen 2-m-Amateurstationen sein.

Das „VHFCC" (VHF Century Club) wurde von der englischen Zeitschrift „Short Wave Magazine" gestiftet. Es wird nach Vorlage von mindestens 100 verschiedenen QSL-Karten für Amateurfunkverbindungen auf den UKW-Bändern von 50 MHz aufwärts verliehen.

Das „PACC-VHF", ein Diplom der niederländischen V.E.R.O.N., wird ausgegeben, wenn QSOs mit 100 verschiedenen holländischen UKW-Amateurstationen nachgewiesen werden.

Das Diplom „100 OK" kann auch für reine UKW-Tätigkeit verliehen werden. Es sind mindestens 100 QSL-Karten von jeweils verschiedenen tschechoslowakischen UKW-Amateurstationen vorzulegen. Betriebsart ist beliebig; die Verbindungen müssen nach dem 1. Januar 1954 erfolgt sein.

Ein deutsches UKW-Diplom ist in Vorbereitung, es soll die Anzahl der gearbeiteten QRA-Kenner zur Grundlage haben. Alle genannten UKW-Diplome können unter genauer Beachtung der Ausschreibungen über das

DM-Contest-Büro

DM 2 ABB

Schwerin/Mecklenburg

beantragt werden. Ein formloser Antrag ist der Aufstellung der im Original eingesandten QSL-Karten beizulegen. Der formlose Antrag muß die Erklärung enthalten, daß die Station nach den gültigen Lizenzbestimmungen betrieben wurde und der Antragsteller die Regeln der Ausschreibung nach bestem Wissen befolgt hat.

4.3 Empfehlungen und Hilfsmittel für den UKW-Amateurfunker

4.31 Quarzsteuerung oder VFO

So mancher Amateur, der bei der Beschaffung eines Steuerquarzes auf Schwierigkeiten stößt oder glaubt, im 2-m-Band mit den Gegebenheiten der Kurzwellen-Amateurbänder rechnen zu müssen, liebäugelt mit dem Bau eines frequenzvariablen Steuersenders (VFO). Davon muß aber dringend abgeraten werden. Die Verfechter des VFO führen an, daß auch ein frequenzvariabler Oszillator Quarzstabilität besitzt; es muß nur gelingen, die Temperatur und die Betriebsspannungen absolut konstant zu halten. Diese Ansicht ist richtig. Aber selbst wenn es einem Amateur mit seinen verhältnismäßig geringen technischen Mitteln möglich ist, diesen Forderungen gerecht zu werden, so liegen doch Aufwand und Preis dieses VFO weit über dem eines quarzgesteuerten Oszillators.

Wer die Verhältnisse im 2-m-Band kennt, wird zu der Überzeugung kommen, daß bis jetzt in betrieblicher Hinsicht noch keine Notwendigkeit besteht, über das ganze Band „beweglich" zu sein. Eine 2-m-Station, die grundsätzlich ihre quarzgesteuerte „Hausfrequenz" einhält, wird sehr schnell bei den Gegenstationen bekannt; das Rufzeichen ist meist schon auf Grund der Frequenz zu identifizieren. Das ist durchaus als betrieblicher Vorteil zu werten.

Günstiger als der VFO ist der sogenannte VFX, ein Quarz-Mischoszillator, der auch als Super-VFO bekannt geworden ist. Mit ihm gelingt es, einen frequenzvariablen Steuersender aufzubauen, der den Anforderungen an Frequenzkonstanz einigermaßen genügen kann. Sein Bau ist aber nur sehr erfahrenen Amateuren zu empfehlen. Für den Anfänger kommt deshalb ausschließlich die Quarzsteuerung in Frage, und auch dem Fortgeschrittenen muß zum „xtal-Oszillator" geraten werden.

Gewisse Vorteile bietet ein von Quarzsteuerung auf VFO oder VFX umschaltbarer Steuersender. In diesem Fall soll aber der frequenzvariable Oszillator ausschließlich dazu dienen, in ein bestehendes QSO „einzubrechen". Das erfolgt

durch Abstimmen auf die Empfangsfrequenz der gewünschten Station, und wir machen durch Einpfiffe und Zwischenrufe auf uns aufmerksam. Gelingt dies, so hat der VFO seine Aufgabe erfüllt, und das QSO ist unbedingt auf der Quarzfrequenz weiterzuführen.

Es soll nicht behauptet werden, daß allein die Verwendung eines Steuerquarzes die unbedingte Garantie für eine stabile Endfrequenz gibt. Auch der Quarz zeigt eine gewisse Temperaturabhängigkeit seiner Frequenz, und bei ungünstigem Aufbau der Steuerstufe kann auch der Quarzoszillator beachtliche Frequenzabwanderungen aufweisen. Der Quarz ist deshalb nicht an seiner Belastungsgrenze zu betreiben, und er darf wärmestrahlenden Röhren und sonstigen Bauteilen nicht direkt ausgesetzt werden.

4.311 Grundfrequenzen von brauchbaren Steuerquarzen

Um die Auswahl eines passenden Quarzes für den 2-m-Sender zu erleichtern, wurde die folgende Quarzliste aufgestellt. Alle innerhalb der angegebenen Frequenzbereiche liegenden Quarze sind brauchbar.

Frequenz:	Reihenfolge der Vervielfacher:
3 600 bis 3 650 kHz	f × 5 (Oberton) × 2 × 2 × 2
4 000 bis 4 055 kHz	f × 2 × 2 × 3 × 3
4 500 bis 4 562 kHz	f × 2 × 2 × 2 × 2 × 2
4 800 bis 4 866 kHz	f × 5 (Oberton) × 2 × 3
5 137 bis 5 214 kHz	f × 7 (Oberton) × 2 × 2
5 333 bis 5 407 kHz	f × 3 × 3 × 3
6 000 bis 6 082 kHz	f × 3 × 2 × 2 × 2
6 852 bis 6 952 kHz	f × 7 (Oberton) × 3
7 200 bis 7 300 kHz	f × 5 (Oberton) × 2 × 2
8 000 bis 8 111 kHz	f × 3 × 2 × 3
9 000 bis 9 125 kHz	f × 2 × 2 × 2 × 2
9 600 bis 9 733 kHz	f × 5 (Oberton) × 3
10 275 bis 10 428 kHz	f × 7 (Oberton) × 2
12 000 bis 12 165 kHz	f × 3 × 2 × 2
14 400 bis 14 600 kHz	f × 5 (Oberton) × 2
16 000 bis 16 222 kHz	f × 3 × 3

Frequenz:	Reihenfolge der Vervielfacher:
18 000 bis 18 250 kHz	f × 2 × 2 × 2
20 570 bis 20 875 kHz	f × 7 (Oberton)
24 000 bis 24 333 kHz	f × 2 × 3
28 800 bis 29 200 kHz	f × 5 (Oberton)
36 000 bis 36 500 kHz	f × 2 × 2

An sich sind auch Quarze verwendbar, die höhere Obertöne synchronisieren (11., 13., 17. Oberton usw.). Die optimale Einstellung ist dann jedoch schon sehr kritisch und gelingt gewöhnlich nur, wenn spezielle Obertonquarze Verwendung finden. Es wird darauf hingewiesen, daß in der Obertonschaltung die ausgesiebte Frequenz nicht exakt harmonisch zur Quarzfrequenz liegt.

4.32 Die UKW-Antenne

Von entscheidender Bedeutung für die Erfolge einer 2-m-Station ist die Qualität der verwendeten Antenne und ihre Anpassung. Eine scharf bündelnde Richtantenne vervielfacht die Strahlungsleistung eines Senders im bevorzugten Abstrahlsektor. Deshalb ist auch ein größerer Aufwand beim Antennenaufbau wirtschaftlich vertretbar. Die Kosten für eine entsprechende Erhöhung der Senderausgangsleistung wären in jedem Falle höher als die für eine gute Antenne mit gleichem Nutzeffekt. Ganz abgesehen davon, daß der Erhöhung der Senderleistung durch die Lizenzbestimmungen eine Grenze gesetzt ist, vergrößert eine gute Richtantenne nicht nur die effektive Strahlungsleistung des Senders, sondern führt auch dem Empfänger stärkere Eingangssignale zu. Der Signal-Rauschabstand des Empfängers wird vergrößert, denn eine scharf bündelnde Richtantenne liefert keinen stärkeren Rauschbeitrag als z. B. ein Rundstrahler. Im Gegenteil, das von der Richtantenne aufgenommene kosmische Rauschen ist sogar geringer, da sie nur einen begrenzten Ausschnitt des Himmelsgewölbes erfaßt.
Bild 30 vermittelt einen Eindruck, mit welch umfangreichen, kommerziell anmutenden Antennengebilden unsere 2-m-Stationen erfolgreich arbeiten.

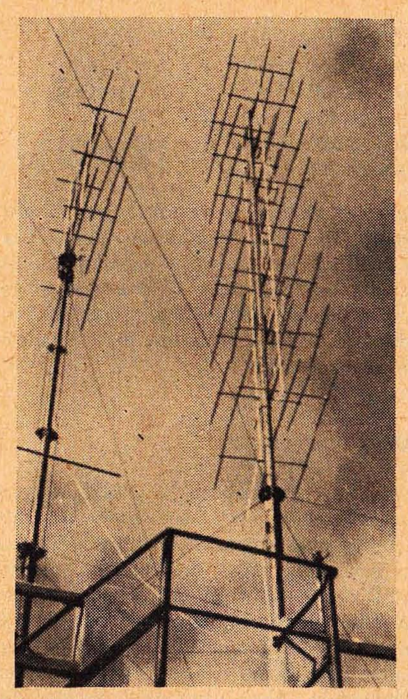


Bild 30. 48-Element-Gruppenantenne von DL6MH

Grundsätzlich muß festgestellt werden, daß – abgesehen von ganz seltenen Ausnahmen – alle UKW-Amateurstationen mit horizontaler Polarisation der Antenne arbeiten, das heißt, die einzelnen Antennenelemente sind waagrecht angeordnet. Dafür waren in erster Linie die mechanischen Vorteile entscheidend, denn bei horizontal porlarisierten Antennen bereiten sowohl die vertikale als auch die horizontale Bündelung der Abstrahlung keine besonderen mechanischen Schwierigkeiten.
Es kann dem Anfänger nur empfohlen werden, das umfangreiche Gebiet der UKW-Richtantennen in der Fachliteratur

zu studieren und mit einer einfachen Richtantenne die ersten Erfahrungen zu sammeln.

4.33 Spezielle Abkürzungen beim 2-m-Bandverkehr

Die besonders geartete Betriebstechnik des 2-m-Bandes hat einige Abkürzungen und Ausdrücke entstehen lassen, die teilweise ausschließlich für den UKW-Funkverkehr bestimmt sind.

Während für den Kurzwellenamateur die Überbrückung jeder beliebigen irdischen Entfernung kein Problem darstellt, muß sich der UKW-Amateur buchstäblich jeden Kilometer erkämpfen. Bedenken wir, daß die derzeitige europäische 2-m-Rekordentfernung 1735 km beträgt (I1KDK – Neapel – mit G5NF – Farnham Surrey –) und daß nur wenige UKW-Fans die 1000-km-Entfernungsgrenze erreichen! Dieser Umstand macht es sinnvoll, daß der UKW-Amateur den Erfolg seiner sportlichen Tätigkeit durch die von ihm überbrückte Maximalentfernung ausweist. Es ist natürlich ein Unterschied, ob eine große Entfernung von einem nicht immer günstigen Feststandort aus überbrückt wird, oder ob ein exponierter Portable-Standort auf einem Berg diese Bemühungen unterstützt. Aus diesem Bedürfnis heraus entstanden zwei zeitsparende und international verständliche Abkürzungen:

MDX = größte, von einem kurzzeitig gewählten Standort aus überbrückte Entfernung (portable zu fest bzw. portable zu portable);

ODX = größte, von einem Feststandort aus überbrückte Entfernung (fest zu fest bzw. fest zu portable).

Auroraverbindungen werden, wie schon erwähnt, ausschließlich in Telegrafie durchgeführt. Die für diese Betriebsart vorgeschriebene Beurteilung der Tonqualität kann jedoch nicht erfolgen, da durch die Nordlichtreflexion der Toncharakter eines Signales völlig verfälscht wird und in der Tonskala nicht mehr unterzubringen ist. An Stelle der Zahl, die bei normalen Empfangsberichten im RST-System die Tonqualität T kennzeichnet, tritt deshalb bei Auroraverbindungen die Abkürzung A, z. B.: RST 5 7 A.

Namentlich im 2-m-Contestbetrieb sind die nachstehenden Q-Abkürzungen besonders praktisch:

QHL = ich suche das Band, am hochfrequenten Ende beginnend, ab;
QHM = ich suche das Band, am hochfrequenten Ende beginnend, bis zur Mitte hin ab;
QLH = ich suche das Band, am niederfrequenten Ende beginnend, ab;
QLM = ich suche das Band, am niederfrequenten Ende beginnend, bis zur Mitte hin ab;
QMH = ich suche das Band, in der Mitte beginnend, bis zum hochfrequenten Ende hin ab;
QML = ich suche das Band, in der Mitte beginnend, bis zum niederfrequenten Ende hin ab.

Diese Abkürzungen sind sehr leicht zu behalten, wenn wir uns die englischen Ausdrücke high = hoch, medium = mittel und low = niedrig einprägen, z. B. QLH L = low (niedrig, hier niederfrequent) zu H = high (hoch, hier hochfrequent). Diese Q-Abkürzungen stellen ein Entgegenkommen für die übrigen Teilnehmer dar. Gibt z. B eine vielgefragte Station „QMH", so wissen die Teilnehmer, deren Quarzfrequenz niedriger als 145 MHz liegt, daß sie sich einen Anruf sparen können, während die Stationen in der hochfrequenten Bandhälfte Aussicht haben, an die Reihe zu kommen. Leider finden diese Abkürzungen, die den Wettbewerbsverkehr wesentlich flüssiger gestalten könnten, noch zu selten Anwendung.
Alle übrigen Abkürzungen entsprechen den im Kurzwellen-Amateurverkehr gebräuchlichen. Die UKW-Amateure legen normalerweise keinen allzu großen Wert auf viele zeitsparende Abkürzungen, denn im 2-m-Band stehen ja die Interessenten, die auch „mitspielen" möchten, nicht Schlange und bitten aufgeregt „um Aufnahme", wie das im 80-m-Band üblich ist. Im 2-m-Band hat man Zeit, man kennt seinen Partner meist aus vielen QSOs, und das verleiht jeder Verbindung eine persönliche und freundschaftliche Note. Dadurch unterscheiden sich die meisten 2-m-Verbindungen von den oft schablonenhaften Routine-QSOs der Kurzwellenbänder.

4,34 Die Aufteilung des Frequenzbandes

Für die Kurzwellenbänder besteht bekanntlich die Empfehlung, daß gewisse Bereiche innerhalb eines Amateurbandes ausschließlich dem Telegrafieverkehr, der Telefonie oder dem DX-Verkehr vorbehalten sein sollen. Im 2-m-Band gibt es derartige generelle Einschränkungen noch nicht. Jedoch haben einige europäische Länder Bandpläne eingeführt, die eine Aufteilung des Frequenzbandes von 144 bis 146 MHz in einzelne Abschnitte für die verschiedenen Distrikte oder Landesteile darstellen. Es hat sich aber bis jetzt noch nicht erwiesen, ob diese Maßnahme besondere betriebstechnische Verbesserungen erbrachte. Dem Argument, daß eine distriktsmäßige Bandaufteilung die gegenseitigen Störungen benachbarter Stationen vermindert und außerdem schon aus dem belegten Frequenzabschnitt die Distriktszugehörigkeit einer 2-m-Station hervorgeht, steht hauptsächlich der Einwand gegenüber, daß zur Durchführung einer solchen Maßnahme kostspielige Neuanschaffungen von Quarzen gemacht werden müssen.

England, Frankreich und Polen haben das 2-m-Band bereits nach solchen Gesichtspunkten aufgeteilt, bei den übrigen europäischen Amateurverbänden scheinen noch keine derartigen Bestrebungen vorzuliegen. Der Bandplan unserer Freunde in Polen sieht folgende Gliederung vor:

144,000 bis 144,025 MHz	spezielle Zwecke wie Meteor-Scatter und SSB
144,025 bis 144,200 MHz	SP 3
144,200 bis 144,450 MHz	SP 6
144,450 bis 144,700 MHz	SP 2
144,700 bis 144,950 MHz	SP 4 und SP 5
144,950 bis 145,050 MHz	spezielle Zwecke
145,050 bis 145,200 MHz	SP 1
145,200 bis 145,700 MHz	SP 9
145,700 bis 145,850 MHz	SP 7
145,850 bis 145,975 MHz	SP 8
145,975 bis 146,000 MHz	spezielle Zwecke

In England ist nachstehende Bandaufteilung in Kraft:

144,000 bis 144,100 MHz	Cornwall, Devonshire, Somerset
144,100 bis 144,250 MHz	Berkshire, Dorset, Hampshire, Wiltshire, Kanal-Inseln

144,250 bis 144,500 MHz	Brecknockshire, Gaudignanshire, Carmanthenshire, Glamorgan, Gloucestershire, Herefordshire, Monmouthshire, Pembrokeshire, Radnorshire, Worcestershire
144,500 bis 144,700 MHz	Kent, Surrey, Sussex
144,700 bis 145,100 MHz	Bedfordshire, Buckinghamshire, Essex, Hertfordshire, London, Middlesex
145,100 bis 145,300 MHz	Cambridgeshire, Huntingdonshire, Leicestershire, Norfolk, Northhamptonshire, Oxfordshire, Rutland, Suffolk, Warwickshire
145,300 bis 145,500 MHz	Anglesey, Caernarvonshire, Cheshire, Denbingshire, Flintshire, Merionethshire, Montgomeryshire, Shropshire, Staffordshire
145,500 bis 145,800 MHz	Derbyshire, Lancashire, Lincolnshire, Nottinghamshire, Yorkshire
145,800 bis 146,000 MHz	Schottland, Nordirland, Isle of Man, Cumberland, Co. Durham, Northumberland, Westmorland

Die Frequenzbandaufteilung in Frankreich sieht folgende Gliederung vor:

144,000 bis 144,150 MHz	Cher, Nièvre, Yonne, Saône-et-Loire, Côte d'Or, Jura, Haute-Saône, Doubs
144,150 bis 144,300 MHz	Gironde, Charente-Maritime, Dordogne, Charente, Deux-Sévres, Corrèze, Haute-Vienne, Vienne, Creuse, Indre, Indre-et-Loire
144,300 bis 144,500 MHz	Hérault, Gard, Lozère, Bouches-du-Rhône, Vaucluse, Var, Basses-Alpes, Alpes-Maritimes
144,500 bis 144,650 MHz	Basses-Pyrénées, Landes, Hautes-Pyrénées, Gers, Lot-et-Garonne, Haute-Garonne, Tarn-et-Garonne, Lot, Ariège, Tarn, Aveyron, Pyrénées-Orientales, Aude
144,650 bis 144,800 MHz	Seine-et-Oise, Seine-et-Marne, Loiret, Eure-et-Loire, Eure, Loire-et-Cher
144,800 bis 145,000 MHz	Paris, Seine
145,000 bis 145,200 MHz	Cantal, Puy-de-Dôme, Allier, Haute-Loire, Loire, Rhône, Ardèche, Drôme, Isère, Ain, Hautes-Alpes, Savoie, Haute-Savoie
145,200 bis 145,350 MHz	Finisterre, Morbihan, Côtes-du-Nord, Vendèe, Loire-Atlantique, Ille-et-Vilaine, Maine-et-Loire, Mayenne, Manche, Sarthe, Orne, Calvados
145,350 bis 145,550 MHz	Seine-Maritime, Oise, Somme, Pas-de-Calais, Nord, Aisne, Ardennes
145,550 bis 145,700 MHz	Aube, Marne, Haute-Marne, Meuse, Vosges, Meurthe-et-Moselle, Haut-Rhin, Bas-Rhin, Moselle
145,700 bis 146,000 MHz	frei für Nahverkehr (Lokal-QSOs unter 50 km)

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß in der Schweiz Portable-Stationen ihre Sendefrequenz im Bereich zwischen 145,00 und 146,00 MHz wählen müssen. Die niederfrequente Bandhälfte ist den ortsfesten Stationen vorbehalten. In der Schweiz führen außerdem die ortsfesten Stationen den Landeskenner HB9, während portable Stationen mit HB1 gekennzeichnet sind.

4.35 Der QRA-Kenner

Bei UKW-Wettbewerben ist es meist üblich, die erreichte Punktzahl als Summe der überbrückten Entfernung in Kilometern festzustellen. Dazu müssen die genauen Standorte der Gegenstationen ermittelt und auf einer geeigneten Karte die Entfernungen gemessen werden. Handelt es sich dabei um Partner, die in größeren Städten oder in der näheren Umgebung des eigenen Standortes wohnen, so bereitet das keine Schwierigkeiten. Kritisch wird die Standortbestimmung jedoch immer dann, wenn sich die Gegenstation in einem kleinen, wenig bekannten Ort befindet oder portable arbeitet. Ist es außerdem eine ausländische Station, so wird das Auffinden des Standortes auf der Karte noch schwieriger. Die bisher geübte Praxis der QTH-Angabe nach Entfernung und Richtung zur nächstgelegenen größeren Stadt war zeitraubend und oft ziemlich ungenau. Ein von DL 3 NQ und DJ 4 BE entwickeltes und von OK 1 VR erweitertes Verfahren bildet eine brauchbare Lösung, mit ausreichender Genauigkeit einen beliebigen Standort in Mitteleuropa durch zwei bis drei Buchstaben und zwei Ziffern zu kennzeichnen. Dieses von den UKW-Amateuren im mitteleuropäischen Raum angewandte „QRA-Kenner-Verfahren" soll nachstehend erläutert werden.

Die Lage jedes Ortes auf der Erdoberfläche läßt sich durch seine geographische Länge und Breite bestimmen. Die Längengrade, auch Meridiane genannt, verlaufen von Pol zu Pol. Sämtliche Orte, die auf demselben Meridian liegen, haben die gleiche Ortszeit. Der Nullmeridian, also der Längengrad Null, führt durch Greenwich, einer Sternwarte

ostwärts von London. Auf diesen Meridian von Greenwich bezieht sich die bekannte Greenwicher Zeit (GCT), die als Weltzeit allgemein anerkannt ist. Östlich und westlich von Greenwich ist die Erdkugel in je 180 Längengrade eingeteilt. Der Äquator bildet den Breitengrad Null, er wird von den Längengraden im Winkel von 90 Grad geschnitten. In Richtung zum geographischen Nordpol und zum geographischen Südpol erfolgt die Breitenaufteilung zu je 90 Breitengraden. Dieses den Globus umspannende Netz von Längen- und Breitengraden, das sogenannte Kartennetz, bildet die Grundlage für die Ortsbestimmung.
Das „QRA-Kenner-Verfahren", dem ebenfalls das Kartennetz zugrunde liegt, bildet lediglich eine Vereinfachung der geographischen Ausdrucksform. Die umständlichen Ortsangaben nach Länge und Breite werden durch eine einfache Schlüsselgruppe ersetzt. Den Aufbau des QRA-Kenner-Verfahrens zeigt Bild 31 a in vereinfachter Darstellung, das heißt, die von den Längen- und Breitengraden begrenzten Flächen sind als Quadrate gezeichnet. In Wirklichkeit bilden diese Flächen keine Quadrate, sondern in unseren Breiten quadratähnliche Abschnitte, die untereinander verschieden groß sind. Bekanntlich schneiden sich alle Längengrade in den Polen. Je mehr man sich den Polen nähert, desto geringer werden die Abstände der Längengrade und damit auch die durch die Längen- und Breitengrade begrenzten Flächen. Wir erkennen auf Bild 31 a vier Quadrate, deren senkrechte Trennungslinie vom Nullmeridian, deren waagerechte vom 40. Grad nördlicher Breite gebildet wird. Jede dieser vier Einzelflächen umfaßt 52 Längengrade und 26 Breitengrade. Die Fläche rechts oben stellt das Gebiet zwischen dem Längengrad Null und 52 Grad Ost sowie 40 Grad nördlicher Breite bis 66 Grad Nord dar, also den größten Teil Europas. In Bild 31 b ist dieser Ausschnitt gesondert gezeichnet. Das QRA-Kenner-Verfahren zerlegt diese Großfläche in 676 Mittelfelder. Jedes einzelne Mittelfeld wird von zwei Längengraden und einem Breitengrad umschlossen. Die Schlüsselkennzeichnung eines solchen Mittelfeldes erfolgt durch zwei Buchstaben; der erste gibt die geographische Länge östlich von Greenwich an, der zweite Buchstabe die geographische Breite nördlich des Äquators.

Als Beispiel ist das Mittelfeld FK eingezeichnet. Der Buchstabe F besagt, daß sich dieser Kartenausschnitt zwischen dem 10. und 12. Grad östlicher Länge befindet, der Buchstabe K kennzeichnet die Breitenausdehnung zwischen dem 50. und 51. Grad Nord. Natürlich erscheint jedes Mittelfeld auf den vier Großflächen von Bild 31 a je einmal in der gleichen Buchstabenkombination. Die Landeskenner schließen jedoch eine Verwechslung aus. Jedes Mittelfeld wird nun in weitere 80 Kleinfelder nach Bild 31 c aufgeteilt. Diese Kleinfelder haben eine Längenausdehnung von je 12 Längenminuten (= $1/5$ Längengrad) und 7 Minuten 30 Sekunden

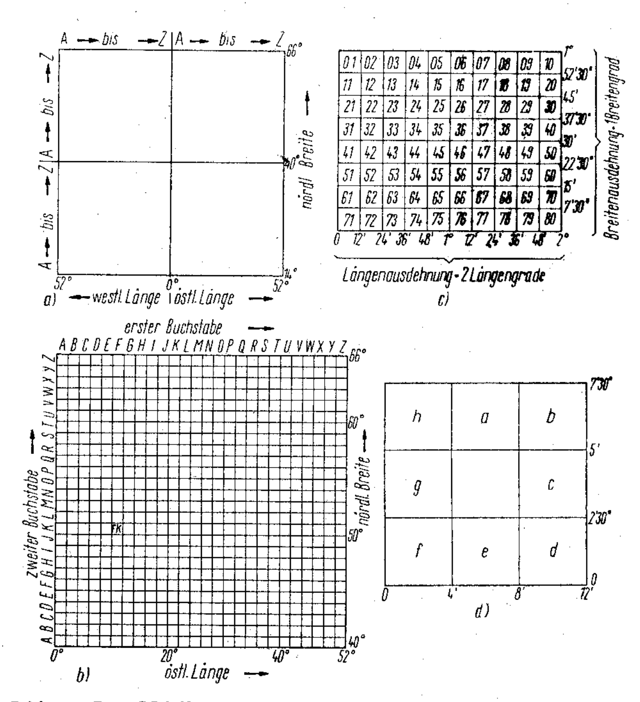


Bild 31. Der QRA-Kenner. a) Aufbau; b) Großfläche mit 676 Mittelfeldern; c) Kleinfeld; d) Kleinstfeld

Breite (= 1/8 Breitengrad). Das entspricht in unseren Breiten einer Fläche von annähernd 14 × 15 km. Die Genauigkeit einer Ortsangabe im Kleinfeld beträgt deshalb – bezogen auf den Mittelpunkt der Fläche – im ungünstigsten Falle etwa 7,5 km. Dieser Wert kann für die meisten Fälle der Praxis als ausreichend angesehen werden.
Die weitere Unterteilung der Kleinfelder in 9 Kleinstfelder erhöht die Genauigkeit der Standortangabe bis zu einem Unsicherheitsfaktor von etwa 2,5 km im ungünstigsten Fall. Wir sehen aus Bild 31 d, daß jedes Kleinstfeld eine Längenausdehnung von 4 Bogenminuten (= 1/15 Längengrad) und eine Breite von 2 Minuten 30 Sekunden (= 1/24 Breitengrad) aufweist. Das entspricht einer Fläche von annähernd 4,5 × 4,5 km. Nach Bild 31 d werden die Kleinstfelder mit den Buchstaben a bis h gekennzeichnet, wobei das Mittelfeld ohne Bezeichnung bleibt.
Das QRA-Kenner-Verfahren ermöglicht, uns, ohne Hilfe einer Landkarte bei gegebenen geographischen Koordinaten sowohl den QRA-Kenner zu ermitteln als auch umgekehrt bei bekanntem QRA-Kenner den Standort nach Breite und Länge festzustellen. Zur Erleichterung beim Auffinden der ersten beiden Buchstaben des QRA-Kenners dient nachstehende Tafel.

Erster Buchstabe: (geographische Länge)	Zweiter Buchstabe: (geographische Breite)
A = 0 bis 2 Grad	A = 40 bis 41 Grad
B = 2 bis 4 Grad	B = 41 bis 42 Grad
C = 4 bis 6 Grad	C = 42 bis 43 Grad
D = 6 bis 8 Grad	D = 43 bis 44 Grad
E = 8 bis 10 Grad	E = 44 bis 45 Grad
F = 10 bis 12 Grad	F = 45 bis 46 Grad
G = 12 bis 14 Grad	G = 45 bis 47 Grad
H = 14 bis 16 Grad	H = 47 bis 48 Grad
I = 16 bis 18 Grad	I = 48 bis 49 Grad
J = 18 bis 20 Grad	J = 49 bis 50 Grad
K = 20 bis 22 Grad	K = 50 bis 51 Grad
L = 22 bis 24 Grad	L = 51 bis 52 Grad
M = 24 bis 26 Grad	M = 52 bis 53 Grad
N = 26 bis 28 Grad	N = 53 bis 54 Grad
O = 28 bis 30 Grad	O = 54 bis 55 Grad
P = 30 bis 32 Grad	P = 55 bis 56 Grad
Q = 32 bis 34 Grad	Q = 56 bis 57 Grad
R = 34 bis 36 Grad	R = 57 bis 58 Grad

Erster Buchstabe: (geographische Länge)	Zweiter Buchstabe: (geographische Breite)
S = 36 bis 38 Grad	S = 58 bis 59 Grad
T = 38 bis 40 Grad	T = 59 bis 60 Grad
U = 40 bis 42 Grad	U = 60 bis 61 Grad
V = 42 bis 44 Grad	V = 61 bis 62 Grad
W = 44 bis 46 Grad	W = 62 bis 63 Grad
X = 46 bis 48 Grad	X = 63 bis 64 Grad
Y = 48 bis 50 Grad	Y = 64 bis 65 Grad
Z = 50 bis 52 Grad	Z = 65 bis 66 Grad

Beispiel:

Von einem Standort mit den Koordinaten 50° 22′ 40″ Nord 11° 10′ 45″ Ost soll der QRA-Kenner festgestellt werden.

Für die Länge von 11 Grad entnehmen wir als ersten Buchstaben aus der Tafel ein „F" (10 bis 12°), für die Breite von 50 Grad als zweiten Buchstaben ein „K" (50 bis 51°). Wir haben nun bereits das Mittelfeld mit der Buchstabenkombination FK festgestellt. Jetzt suchen wir uns die der geographischen Länge zuzuordnende zweite Ziffer. Alle Mittelfelder, die mit dem Buchstaben F beginnen, haben als Begrenzung nach links den 10. Längengrad. Wir haben aber 11° 10′ 45″ östliche Länge und müssen deshalb noch um 1° 10′ 45″ nach Osten gehen. Aus Bild 31 c entnehmen wir, daß unser gesuchtes Kleinfeld zwischen 1° und 1° 12′ liegen muß, also in der senkrechten Zahlenreihe mit der Endziffer 6. Wir merken uns die 6 als zweite Ziffer. Dann suchen wir noch die erste Ziffer. Das Mittelfeld wird unten durch den 50. Breitengrad begrenzt, der Standort liegt aber 22′ 40″ nördlich des 50. Breitengrades. Bild 31 c zeigt uns, daß die waagerechte Zahlenreihe mit der ersten Ziffer 4 das Kleinfeld zwischen 22′ 30″ und 30′ enthält. Wir haben also den Standort mit dem QRA-Kenner FK 46 ermittelt. Nun wenden wir uns noch dem Kleinstfeld zu. Das Kleinfeld 46 ist an der linken Seite durch den Längengrad 1 (= 11° Ost) und unten durch den Breitengrad 22′ 30″ nach Norden begrenzt. Bild 31 d zeigt uns, daß dann unser gesuchter Standort im Kleinstfeld c liegt. QRA-Kenner: FK 46c.

Die Rückverwandlung eines QRA-Kenners in die geographischen Koordinaten ist ebenfalls einfach. Angenommen QRA-Kenner: HJ 04a.

Das Mittelfeld HJ wird laut Tafel nach links durch den 14. Längengrad und nach unten durch den 49. Breitengrad begrenzt. Demnach: Breite 49° Nord; Länge 14° Ost.

Das Kleinfeld 04 hat seine linke Begrenzung durch die Länge 36′, die untere durch die Breite 52′ 30″ (siehe Bild 31 c). Wir merken uns den Zwischenwert:
Länge: 14° 36′; Breite: 49° 52′ 30″.

Das Kleinstfeld a liegt im Mittel um 6′ östlich der linken Begrenzung des Kleinfeldes und um 6′ 15″ nördlich der unteren Begrenzung (Bild 30 d). Daraus ergibt sich der genaue Standort mit:

Länge:	14° 36′ Ost	Breite:	49° 52′ 30″ Nord
	+ 6′		+ 6′ 15″
Länge:	14° 42′ Ost	Breite:	49° 58′ 45″ Nord

Diese Koordinatenwerte geben den Standort von OK 1 AZ in Ricany an.

5. 2-m-ERSTVERBINDUNGEN DER DM-AMATEURE

Die bisherigen guten Erfolge der UKW-Amateure in der Deutschen Demokratischen Republik finden in der Liste der 2-m-Erstverbindungen ihren sichtbaren Ausdruck. In der verhältnismäßig kurzen Zeitspanne von 3 Jahren wurden teilweise sehr schwierig zu erreichende 2-m-Erstverbindungen mit 12 europäischen Ländern erzielt:

2-m-Erstverbindungen der DM-Stationen

(Stand: 1. 1. 1960)

DDR – ČSSR	1. 6. 1957	DM2AFN	mit OK1KFG/p
DDR – Österreich	4. 8. 1957	DM2AFN	mit OE2JG/p
DDR – Schweiz	8. 9. 1957	DM2AFN	mit HB1IV
DDR – Polen	30. 6. 1958	DM2AIO	mit SP3PD
DDR – Niederlande	5. 7. 1958	DM2ABK	mit PAØTP/A
DDR – England	5. 9. 1958	DM2ABK	mit G5YV
DDR – Schweden	5. 9. 1958	DM2AIO	mit SM7ZN
DDR – Frankreich	6. 9. 1958	DM2ABK	mit F8ZW/p
DDR – Luxemburg	14. 9. 1958	DM2ABK	mit LX1SI
DDR – Belgien	24. 10. 1958	DM2ABK	mit ON4XT
DDR – Dänemark	27. 3. 1959	DM2ABK	mit OZ3NH
DDR – Schottland	5. 12. 1959	DM3ZFI	mit GM2FHH

Diese erfreuliche Bilanz möge den alten und neuen UKW-Freunden zeigen, daß es noch manche Erstverbindungslorbeeren zu ernten gibt, und den Ehrgeiz erwecken, auch einmal das eigene Rufzeichen in dieser Erfolgsliste zu sehen!

INHALTSVERZEICHNIS

Preis 1,90 DM